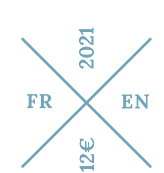
OBSERVATOIRE MONDIAL DU VIVANT

GLOBAL LIFE OBSERVATORY

1

# vigilife




# L'INNOVATION AU SERVICE DU VIVANT

## INNOVATION FOR LIFE

REPORTAGES

COLOMBIE - AU CŒUR DE LA BIODIVERSITÉ

COLOMBIA - AT THE HEART OF BIODIVERSITY

PROGRAMMES

30 FLEUVES SENTINELLES

30 SENTINEL RIVERS



**Parution / *Publication***
Février / *February* 2021

**Édition / *Edition***
SPYGEN SAS
17 rue du Lac Saint-André
73370 Le Bourget-du-Lac
France
www.spygen.com

**Direction de la publication / *Direction of the publication***
Tony Dejean

**Rédaction / *Editorial***
Rédacteur en chef / *Editor-in-Chief* : Tony Dejean
Traducteurs / *Translators* : Melissa Dawes, Samantha King
Relecteurs / *Reviewers* : Tsilavina Andriamisaina, Merin Chacko, Amélie Couvreur, Audrey Dejean, Marie-Cécile Grisard, Abigail Hehmeyer, Régis Hocdé, Pauline Jean, Pierre Jorcin, Whitney Kent, Arnaud Lyet, Frédéric Macia, Carole Millot, David Mouillot, Baptiste Mulot, Loïc Pellissier, Franck Pressiat, Vincent Prié

**Direction artistique / *Artistic direction***
Damien Rochette, Célia Steinkamp

**Photographies / *Photographs***
Adobe Stock, hive.panda.org (p23-24), media.greenpeace.org (p19-46-47), indigo.ird.fr (p49)

**Impression / *Printing***
Imprimerie Gutenberg
74960 Meythet – Annecy
France

**Dépôt légal à parution / *Legal deposit at publication***

**ISSN** : en cours / *in process*



# EDITO



La parution de ce premier numéro du *VIGILIFE MAG* revêt à mes yeux une importance particulière. Elle marque en effet le 10ème anniversaire de SPYGEN.

Dix années de recherche qui ont permis, grâce à des collaborateurs passionnés, de développer une nouvelle méthode d'inventaire de la biodiversité basée sur l'étude des traces d'ADN trouvées dans l'environnement. Une technologie innovante qui nous offre une vision plus globale du monde vivant qui nous entoure, en améliorant d'une part le suivi de la biodiversité visible et connue – *partie émergée de l'iceberg* – mais en révélant également sa part invisible, encore largement inexplorée. Pourtant, comme le démontre l'actuelle pandémie de Covid-19, notre capacité à mieux suivre et comprendre cette face cachée de l'iceberg conditionnera certainement notre devenir au cours des prochaines décennies.

Dix années d'activité qui ont également permis de démontrer l'intérêt de concilier performance économique et mission d'intérêt général. Je suis en effet intimement convaincu que les entreprises ont un rôle majeur à jouer pour relever les grands défis sociétaux actuels et à venir. Cet engagement s'est traduit par l'obtention de la certification *B Corp* en 2018, puis par la transformation de SPYGEN en « Entreprise à mission » en 2021, réaffirmant ainsi notre raison d'être : « mettre l'innovation au service de la connaissance et de la protection du vivant ».

Ces années de recherche et cette mission se manifestent aujourd'hui au travers de l'Observatoire mondial du vivant – Vigilife, qui, après plusieurs années d'incubation, prend en 2021 son envol en devenant une alliance internationale réunissant à la fois nos partenaires historiques et, je l'espère, un maximum d'acteurs publics et privés prêts à s'engager à nos côtés.

Le *VIGILIFE MAG* a pour objectif de présenter, chaque année, les principales actions réalisées dans le cadre de Vigilife et leurs bénéfices pour la connaissance, la protection ou la restauration de la biodiversité. Il vise également à sensibiliser le grand public à l'importance et à la fragilité du monde vivant qui nous entoure. Ce premier numéro présente la vision, les valeurs fondatrices et les principaux objectifs de Vigilife, ainsi que les technologies qui seront mises en œuvre pour suivre la biodiversité sur des milliers de sites à travers le monde. Il présente également de nombreux retours d'expérience sur l'utilisation de ces méthodes dans des écosystèmes variés et dévoile le premier programme scientifique de Vigilife dédié au suivi de 30 fleuves sentinelles.

*The publication of this first edition of* VIGILIFE MAG *holds great importance to me. Indeed, it marks SPYGEN's 10th anniversary.*

*Ten years of research, thanks to a passionate team, that have enabled us to develop a new method for inventorying biodiversity based on the study of DNA traces found in the environment. This innovative technology provides us with a broader view of the living world around us, by improving the monitoring of visible and known biodiversity* – the tip of the iceberg – *while also revealing its invisible part, which is still largely unexplored. Yet, as the current Covid-19 pandemic demonstrates, our ability to study and better understand this hidden part of the iceberg will doubtless determine our future in the coming decades.*

*Ten years of activity that have also allowed us to demonstrate the benefits of reconciling economic performance and matters of the common good. Indeed, I am absolutely convinced that companies will play a major role in meeting current and future societal challenges. This commitment resulted in the award of* B Corp *certification in 2018, and then, in the transformation of SPYGEN into a "mission-led company" in 2021, thus reaffirming our mission statement: "using innovation to enhance knowledge and the protection of life".*

*These years of research and this mission have now blossomed into the Global Life Observatory – Vigilife, which, after several years of incubation, is truly taking off in 2021 by becoming an international alliance that brings together our long-time partners and, I hope, many more public and private players willing to join us in our commitment.*

*The aim of* VIGILIFE MAG *is to annually present the main activities carried out as part of Vigilife and how these have helped us understand, protect or restore biodiversity. It is also intended to raise awareness among the general public of the importance and fragility of the living world around us. In this first issue, you will find Vigilife's founding values and primary goals, as well as the technologies being rolled out to monitor biodiversity at thousands of sites all over the world. It also includes a great deal of feedback on using these methods in a variety of ecosystems and a description of Vigilife's first scientific programme devoted to the study of 30 sentinel rivers.*

**TONY DEJEAN**
Président de SPYGEN / *SPYGEN CEO*
Rédacteur en chef / *Editor-in-Chief*





N°1 - 2021



## 06/09 ALLIANCE



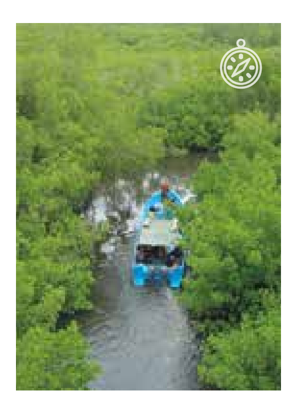


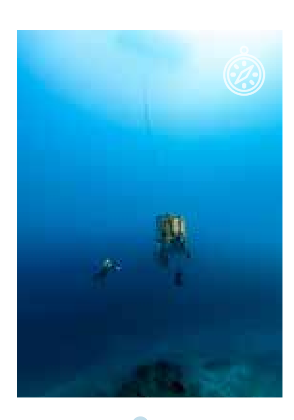




## 10/37 TECHNOLOGIES







## 38/53 EXPÉDITIONS



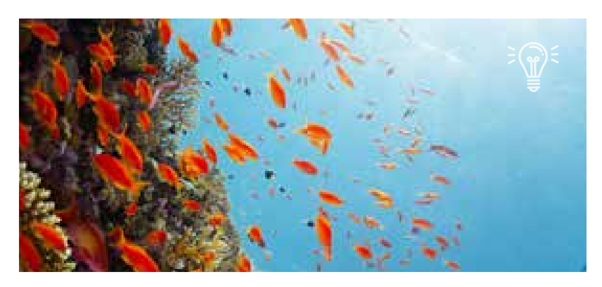
## 54/61 REPORTAGES



## 62/83 PROGRAMMES







## 84/89 SOLUTIONS





# VIGILIFE
# OBSERVATOIRE MONDIAL DU VIVANT

## // VIGILIFE - GLOBAL LIFE OBSERVATORY //

**NOTRE MISSION** / OUR MISSION

**Mettre l'innovation au service de la connaissance et de la protection du vivant.**

***Using innovation to enhance knowledge and the protection of life.***



### NOTRE VISION

Pour faire face à l'ampleur et la rapidité de l'érosion de la biodiversité, une révolution dans le suivi et la prise en compte du monde vivant est nécessaire. Afin de répondre à ce défi planétaire, l'alliance Vigilife développe un « Observatoire mondial du vivant » utilisant les nouvelles technologies de l'ADN environnemental (ADNe).

Grâce à l'utilisation de ces approches innovantes, il est désormais possible d'étudier l'ensemble de la biodiversité (de la bactérie microscopique jusqu'aux grands mammifères) à partir d'un prélèvement d'eau ou de sol, et d'améliorer le suivi d'espèces rares (menacées, invasives, etc.), cryptiques ou invisibles à l'œil nu (biodiversité du sol, pathogènes, etc.). Les grands enjeux environnementaux (dérèglement climatique, pollutions, disparitions d'espèces, invasions biologiques, etc.) nécessitant des actions coordonnées à l'échelle mondiale et sur le long terme, Vigilife propose à chaque partenaire des méthodes ADNe standardisées afin de pouvoir comparer efficacement les données collectées dans l'espace et le temps.

La plateforme collaborative Vigilife permet de rassembler, gérer, analyser et partager rapidement les données et indicateurs de biodiversité avec les chercheurs, les gestionnaires de l'environnement, les décideurs et le grand public. Ainsi, chaque contributeur et bénéficiaire pourra prendre des décisions éclairées en faveur de la biodiversité et devenir une véritable vigie de l'état de santé du vivant.

### OUR VISION

*To face the rapidity and the importance of biodiversity loss, a revolution in how we monitor and consider the living world is necessary. In order to meet this worldwide challenge, the Vigilife alliance is developing a "Global Life Observatory" using environmental DNA (eDNA) technologies.*

*Thanks to these innovative approaches, it is now possible to study all biodiversity (from microscopic bacteria to the largest mammals) from a single sample of water or soil, and thus improve the monitoring of rare (threatened, invasive, etc.) and cryptic species as well as those invisible to the naked eye (soil biodiversity, pathogens, etc.). Major environmental issues, such as climate disruption, pollution, vanishing species and biological invasions, all require actions coordinated worldwide and over the long term. Vigilife offers each partner standardised eDNA methods so that data collections can be compared effectively across large areas and over long periods of time.*

*Vigilife's collaborative platform allows data and biodiversity indicators to be quickly collated, managed, analysed and shared with researchers, environmental managers, decision-makers and the general public. Thus, each contributor and beneficiary will be able to make informed decisions to support biodiversity and can become a real guardian of the living world and its state of health.*

# NOS VALEURS FONDATRICES
# OUR FOUNDING VALUES



## INNOVATION

Développer et déployer des technologies innovantes pour mieux connaître et suivre la biodiversité, tout en limitant leur impact sur l'environnement et leur coût de mise en œuvre.



## INNOVATION

Developing and rolling out innovative technologies to better understand and monitor biodiversity while limiting the environmental impact and implementation costs.

## EXIGENCE

Intégrer les plus hauts standards de qualité, de sécurité et de performance pour l'acquisition et la gestion des données.



## STRINGENCY

Incorporating the highest standards in terms of quality, safety and performance in data collection and management.

## PARTAGE

Diffuser rapidement et à l'échelle mondiale les connaissances et les technologies validées scientifiquement.



## SHARING

Rapidly releasing scientifically approved technologies and knowledge on a worldwide scale.

## ENGAGEMENT

Créer une alliance internationale de partenaires publics et privés engagés pour un déploiement rapide et à grande échelle de Vigilife.



## COMMITMENT

Setting up an international alliance of committed public and private partners so that Vigilife can be deployed quickly and on a large scale.




**1. ÉVALUER / *EVALUATING*** — Inventorier la biodiversité aquatique et terrestre grâce à des méthodes ADNe standardisées et suivre ses changements sur le plus grand nombre d'écosystèmes à travers le monde, en particulier les plus vulnérables. / *Use standardised eDNA methods to draw up inventories of aquatic and terrestrial biodiversity and monitor changes in as many ecosystems as possible around the world, especially the most vulnerable.*

**2. VEILLER / *MONITORING*** — Prévenir le déclin des espèces les plus menacées de notre planète, et améliorer la détection précoce et le suivi des espèces exotiques envahissantes et des pathogènes, notamment au niveau des principales voies d'introduction. *Prevent the decline of the most endangered species on our planet and improve the early detection and monitoring of invasive exotic species and pathogens, focusing particularly on the primary pathways through which they arrive.*

**3. COMPRENDRE / *UNDERSTANDING*** — Analyser et modéliser les données recueillies à l'échelle mondiale afin d'améliorer les connaissances sur la biodiversité et de mieux anticiper l'impact des changements globaux sur l'ensemble du vivant. / *Analyse and model data gathered on a worldwide scale in order to learn more about biodiversity and better anticipate the impact of global climate change on all living things.*

**4. INNOVER / *INNOVATING*** — Poursuivre en permanence les travaux de recherche et développement afin de proposer des technologies toujours plus performantes, respectueuses de l'environnement et accessibles au plus grand nombre. / *Constantly pursue efforts in research and development in order to offer ever-increasingly effective and environmentally-friendly technology, accessible to as wide a public as possible.*

**5. FÉDÉRER / *UNITING*** — Réunir des partenaires publics (pouvoirs politiques, gestionnaires de territoires, laboratoires de recherche, etc.) et privés (associations environnementales, entreprises, etc.) engagés, afin de multiplier les sites d'observation et de permettre une large utilisation des données collectées. / *Bring together committed partners both public (political powers, regional land managers, research laboratories, etc.) and private (environmental organisations, companies, etc.) in order to increase the number of observation sites and enable broader use of the data collected.*

**6. FORMER / *TRAINING*** — Décentraliser les moyens d'expertise ADNe, grâce à du transfert de compétences et de technologies, afin que chaque partenaire puisse traiter ses échantillons sur son territoire et que chaque pays reste souverain sur l'utilisation de ses ressources génétiques. / *Decentralise eDNA expertise through the transfer of skills and technology so that every partner can process samples locally and every country can retain control over the use of their genetic resources.*

**7. ORIENTER / *GUIDING*** — Offrir à tous les décideurs des informations fiables et mises à jour, grâce à des indicateurs synthétiques et validés scientifiquement, afin de guider la mise en place d'actions de conservation (création d'aires protégées, etc.), de restauration, ou de changement de pratiques (agroécologie, etc.). / *Offer all decision-makers reliable and up-to-date information, thanks to scientifically approved synthetic markers. This will guide them in setting up action plans for conservation (creating protected areas, etc.), restoration and changing practices (agroecology, etc.).*

**8. SENSIBILISER / *RAISING AWARENESS*** — Accompagner les acteurs publics et privés pour une meilleure prise en compte de la biodiversité dans leurs activités et informer le grand public sur son importance et sa fragilité. / *Provide support for public and private bodies, so that they increasingly take biodiversity into account in their activities and inform the general public of its importance and fragility.*

**9. VALORISER / *HIGHLIGHTING*** — Mettre en valeur les bonnes pratiques et les actions inspirantes permettant de préserver le vivant, notamment celles menées par les populations autochtones. / *Highlight best practices and inspirational actions that protect living things, particularly those carried out by indigenous peoples.*

**10. PÉRENNISER / *ENSURING DURABILITY*** — Doter Vigilife de moyens financiers pérennes lui permettant de poursuivre sa mission sur le long terme, grâce notamment à l'engagement du monde économique dans son fonctionnement. / *Ensure Vigilife has the long-term financing it needs to continue its mission well into the future, thanks notably to the business world's commitment to its operation.*

# NOTRE ORGANISATION
## // OUR ORGANISATION //

L'Observatoire mondial du vivant – Vigilife – est organisé sous la forme d'une alliance internationale de partenaires publics et privés, réunis autour d'une mission et d'objectifs communs. Sa gouvernance est assurée à deux échelles – internationale et locale (nationale, régionale, etc.) – afin de permettre, d'une part, une action coordonnée à l'échelle mondiale et, d'autre part, une prise de décision au plus près des enjeux des territoires étudiés. Le site internet de Vigilife présente la liste actualisée des partenaires et les modalités de gouvernance de Vigilife.

*The Global Life Observatory – Vigilife – is organised as an international alliance of public and private partners united around a mission and common goals. Its governance is guaranteed on two levels – international and local (national, regional, etc.) – in order to enable coordinated action on a global scale, as well as decision-making that takes into account issues in areas being studied. The Vigilife website includes an up-to-date list of partners and a description of Vigilife's system of governance.*



**Cet article a été rédigé avec la contribution de** *:*
**/ This article was written with input from:**

Camille ALBOUY (IFREMER), Benjamin ALLEGRINI (SPYGEN), Sébastien BROSSE (Université de Toulouse), Thomas BUSUTTIL (IMAGIN/ABLE), Philippe CHAVAREN (Vinci), Delphine DEFRANCE (Alkios), Tony DEJEAN (SPYGEN), Geneviève FERONE (Prophil / Casabee), Denis GEFFROY (L'Occitane), Sylvie GILLET (Entreprises pour l'Environnement), Marie-Cécile GRISARD (IAGF), Mickael HEDDE (INRAE), Régis HOCDE (IRD), Pierre JORCIN (SPYGEN), Albane LOISEAU (Ekores), Arnaud LYET (WWF US), Stéphanie MANEL (EPHE), Claude MIAUD (EPHE), Séverine MILLET (Nature Humaine), Baptiste MORIZOT (Université d'Aix-Marseille), David MOUILLOT (Université de Montpellier), Baptiste MULOT (Beauval Nature), Loïc PELLISSIER (ETHZ / WSL), Andrea POLANCO F. (INVEMAR), Didier PONT (BOKU Vienna), Nicolas POULET (OFB), Franck PRESSIAT (CNR), Bruno RAKEDJIAN (Ministère de la Transition écologique), Renaud REYNES (Naturalia Environnement), Damien ROCHETTE (Here We Com), Wilfried THUILLER (CNRS), Vincent VIGNON (OGE), Estelle ZHONG MENGUAL (Sciences Po).



**Vous souhaitez en savoir plus sur Vigilife ?**

*Want to know more about Vigilife?*

**vigilife.org**


vigilife
vigilife
vigilife.org




# L'INNOVATION AU SERVICE DU VIVANT

## // INNOVATION FOR LIFE //

Tony DEJEAN (SPYGEN)

QU'EST-CE QUE

# L'ADN ENVIRONNEMENTAL ?

## // WHAT IS ENVIRONMENTAL DNA? //

L'ADN est une molécule commune à tous les êtres vivants de la planète : animaux, végétaux, bactéries, etc. Une molécule universelle, mais qui contient pourtant une information génétique spécifique à chaque individu. L'ADN se retrouve ainsi dans toutes les cellules des organismes vivants, mais chacun d'entre eux en laisse également des traces dans son environnement, par l'intermédiaire de la salive, des gamètes, de l'urine, des excréments, etc. Ces fragments d'ADN retrouvés dans la nature sont ainsi appelés « ADN environnemental » ou ADNe. Ils sont décelables dans l'eau pendant quelques jours après le passage de leurs propriétaires, et jusqu'à plusieurs milliers d'années dans le sol.

### LA POLICE SCIENTIFIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

Comme les empreintes digitales que nous laissons partout où nous allons – et que la police scientifique sait parfaitement décrypter – les fragments d'ADNe permettent désormais d'en apprendre beaucoup sur ceux qui ont laissé ces traces invisibles. Chaque espèce possède, en effet, des séquences d'ADN qui lui sont propres, comme un « code-barre » génétique. Pour mener à bien l'enquête, il faut tout d'abord collecter un échantillon – quelques grammes de terre ou plusieurs litres d'eau – puis en extraire l'ADN, l'amplifier et enfin le séquencer. Les séquences d'ADN obtenues sont ensuite comparées à une base de données génétiques de référence, grâce à des outils bioinformatiques, afin d'identifier les espèces qui étaient présentes dans le milieu étudié. Cette série de tâches complexes exige minutie et savoir-faire pour espérer détecter la présence d'espèces rares et éviter les mauvaises interprétations. Mais bien maitrisées, ces nouvelles technologies ouvrent d'immenses possibilités.

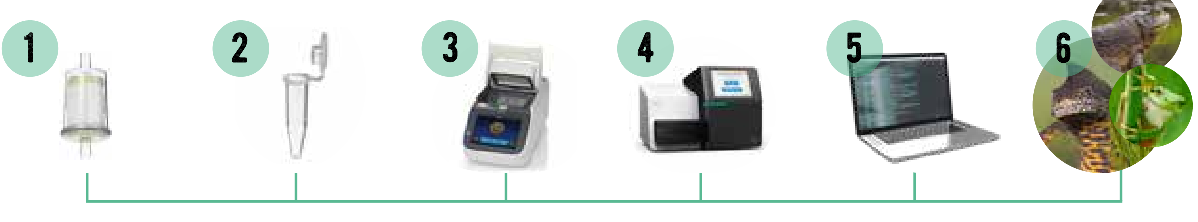
Au début des années 2000, il a ainsi été possible de reconstituer des écosystèmes vieux de plusieurs dizaines de milliers d'années en étudiant les traces d'ADN présentes dans le permafrost sibérien. Cette méthode a par la suite été utilisée pour étudier le régime alimentaire d'espèces menacées grâce à l'analyse du matériel génétique contenu dans leurs déjections. Aujourd'hui, l'ADNe dévoile tout son potentiel pour la réalisation de vastes inventaires de biodiversité dans tous les milieux aquatiques ou terrestres.

### VERS UN CHANGEMENT DE PARADIGME ?

Pour dresser une liste des espèces vivant sur un territoire donné, il fallait bien souvent mobiliser de nombreux spécialistes des différents groupes taxonomiques étudiés : poissons, amphibiens, mammifères... Désormais, sous réserve que le « code-barre » génétique de chaque espèce soit connu – ce qui requiert l'important savoir-faire des taxonomistes – il devient possible de réaliser un recensement de l'ensemble de la biodiversité d'un écosystème à partir d'un seul et même échantillon. Un prélèvement de quelques litres d'eau dans une rivière, par exemple, suffit pour répertorier les espèces de poissons qui s'y



## PRINCIPALES ÉTAPES DE L'ANALYSE // MAIN STEPS OF THE ANALYSIS




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **PRÉLÈVEMENT DE L'ÉCHANTILLON** *SAMPLING* | **EXTRACTION DE L'ADN** *DNA EXTRACTION* | **AMPLIFICATION DE L'ADN** *DNA AMPLIFICATION* | **SÉQUENÇAGE DE L'ADN** *DNA SEQUENCING* | **ANALYSE BIOINFORMATIQUE** *BIOINFORMATIC ANALYSIS* | **RÉSULTAT** *RESULT* |

trouvent, mais également les amphibiens, les reptiles, les mammifères ou les oiseaux côtoyant ses berges, et même les bactéries ou les virus invisibles à l'œil nu qui s'y développent. Une technique rapide, très performante, souvent moins onéreuse que les méthodes traditionnelles, et surtout, sans impact sur l'écosystème étudié. Néanmoins, pour répondre à certaines questions écologiques (taille de la population, sexe, stade de développement, etc.), l'utilisation des méthodes traditionnelles d'inventaire reste indispensable.

> « Une technique rapide, très performante, souvent moins onéreuse et surtout, sans impact sur l'écosystème étudié. »

*DNA is a molecule that is common to all living beings on the planet: animals, plants, bacteria, etc. It is a universal molecule, but one that nevertheless contains genetic information unique to each individual. DNA is thus found in all the cells of living organisms, but each organism also leaves traces of DNA in their environment, through their saliva, gametes, urine, excrement, etc. These fragments of DNA found in nature are called "environmental DNA" or eDNA. They can be detected in water several days after their owner has passed through, while in soil these traces may last for thousands of years.*

### THE ENVIRONMENTAL FORENSICS

*In the same way that forensic scientists have worked out how to decipher the fingerprints we leave behind everywhere we go, fragments of eDNA can tell us a great deal about who left these invisible traces. Each species, in fact, has its own DNA sequence, a little like a genetic "barcode". The first step in carrying out an eDNA investigation is to collect a sample – a few grams of soil or several litres of water. The DNA is then extracted, amplified and finally sequenced. Bioinformatics tools come into play next, when the DNA sequences are compared with a genetic reference database in order to identify the species present in the study site. This series of complex tasks requires skill and meticulousness if there is to be any hope of detecting the presence of rare species and avoiding incorrect interpretations. Once mastered, however, this new technology opens up endless possibilities.*

*For example, in the early 2000s, scientists used eDNA in Siberian permafrost to reconstruct ecosystems that dated back tens of thousands of years. The method has also been used to study the diet of endangered species by analysing the genetic material contained in their feces. eDNA is currently revealing its full potential in the building of extensive biodiversity inventories in every aquatic or terrestrial environment.*

### TOWARDS A PARADIGM SHIFT?

*In the past, to draw up a list of species living in a given area it was often necessary to send numerous specialists covering the various taxonomic groups being studied: fishes, amphibians, mammals, etc. From now on, as long as the genetic "barcode" for each species is known – which requires the considerable expertise of taxonomists – it is possible to conduct a census of the entire biodiversity of an ecosystem from just a single sample. A few liters of water from a river, for instance, can be enougth to detect the species of fish living there, along with the amphibians, reptiles, mammals and birds found on its banks. Even the bacteria and viruses that are present but invisible to the naked eye can be detectable. This is a quick and very effective technique that is often less costly than traditional methods and, most importantly, has no impact on the ecosystem being studied. Nevertheless, in order to answer certain ecological questions (population size, gender, stage of development, etc.), the use of traditional inventory methods remains essential.*

# SPYGEN EN 10 CHIFFRES

## // SPYGEN IN 10 FIGURES //

Une entreprise française créée en

**2011**

*A French company founded in 2011*

Une qualité de services certifiée

**ISO 9001**

*certified quality of service*

L'ADN de plus de

**2000**

espèces séquencé

*The DNA of more than 2,000 species sequenced*

**1er**

laboratoire d'analyses au monde à avoir proposé des expertises ADNe

*First analysis laboratory in the world to offer eDNA expertise*

**580**

personnes formées aux protocoles SPYGEN

*people trained in SPYGEN protocols*

Des technologies innovantes basées sur

**8**

brevets

*Innovative technology based on 8 patents*

Des suivis réalisés dans

**68**

pays du monde

*Monitoring carried out in 68 countries throughout the world*

Le statut « Entreprise à mission » obtenu en

**2021**

*The French government's "mission-led company" status awarded in 2021*

**40**

articles scientifiques publiés dans des revues internationales

*scientific articles published in international journals*

Une performance sociétale et environnementale reconnue par le label B Corp en

**2018**

*Societal and environmental performance recognized by the B Corp label in 2018*

SPYGEN® 10 ANS

Le développement des premières technologies utilisées dans le cadre de Vigilife (méthodes d'analyses standardisées, laboratoire mobile et plateforme de cartographie) a été financé par SPYGEN, avec le soutien de l'État français (OFB / ADEME - Programme d'Investissements d'Avenir (PIA) / DG Trésor - FASEP). Au-delà des méthodes développées par SPYGEN, l'objectif de Vigilife est de standardiser les technologies les plus performantes pour le suivi de la biodiversité aquatique et terrestre, qu'elles soient issues de laboratoires publics de recherche ou d'acteurs privés internationaux.

*The development of the first technologies used in the framework of Vigilife (standardized analysis methods, mobile laboratory and mapping platform) was mainly financed by SPYGEN, with the support of the French government (OFB/ADEME - Programme d'Investissements d'Avenir (PIA)/DG Trésor - FASEP). Beyond the methods developed by SPYGEN, Vigilife's objective is to standardize the most efficient technologies for the monitoring of aquatic and terrestrial biodiversity, whether they come from public research laboratories or private international actors.*















## LA BIODIVERSITÉ MONDIALE EN

# OPEN DATA

## // GLOBAL BIODIVERSITY IN OPEN DATA //

Grâce à la plateforme de cartographie Vigilife maps, les données issues d'expertises ADNe seront rapidement consultables, et de façon gratuite, par les gestionnaires de l'environnement, les chercheurs, les décideurs politiques, etc. Il sera ainsi possible de suivre l'évolution de la répartition et de l'abondance d'une espèce menacée, d'être informé de l'apparition d'une espèce invasive, ou d'étudier l'évolution de la biodiversité sur un même site au cours du temps, grâce notamment à des indicateurs synthétiques et validés scientifiquement. Ces données ADNe standardisées alimenteront également les banques de données nationales et internationales sur la biodiversité (GBIF, etc.).

Le grand public pourra quant à lui s'informer et prendre conscience de l'état de santé des écosystèmes qui l'entourent, tout en mesurant l'impact des actions de conservation ou de restauration entreprises par les partenaires de Vigilife.

*Thanks to the cartography platform Vigilife maps, free access to data from eDNA analyses will be quickly made available to environmental managers, researchers, political decision-makers, etc. It will thus be possible to track changes in the distribution and abundance of an endangered species, to be alerted to the appearance of an invasive species, and to study the evolution of biodiversity on a site over time, thanks to synthetic and scientifically validated indicators. These standardized eDNA data will then fill national and international biodiversity databases (GBIF, etc.).*

*The general public will also be able to learn about the state of health of the ecosystems around them and measure the impact of conservation and restoration programmes carried out by Vigilife partners.*



Les données seront présentées sur la plateforme Vigilife maps à une résolution spatiale de 5x5 km, en respectant les règles de diffusion définies avec chaque donneur d'ordre ou partenaire concerné, et en accord avec les politiques nationales liées à l'accès aux ressources génétiques (Protocole de Nagoya notamment).

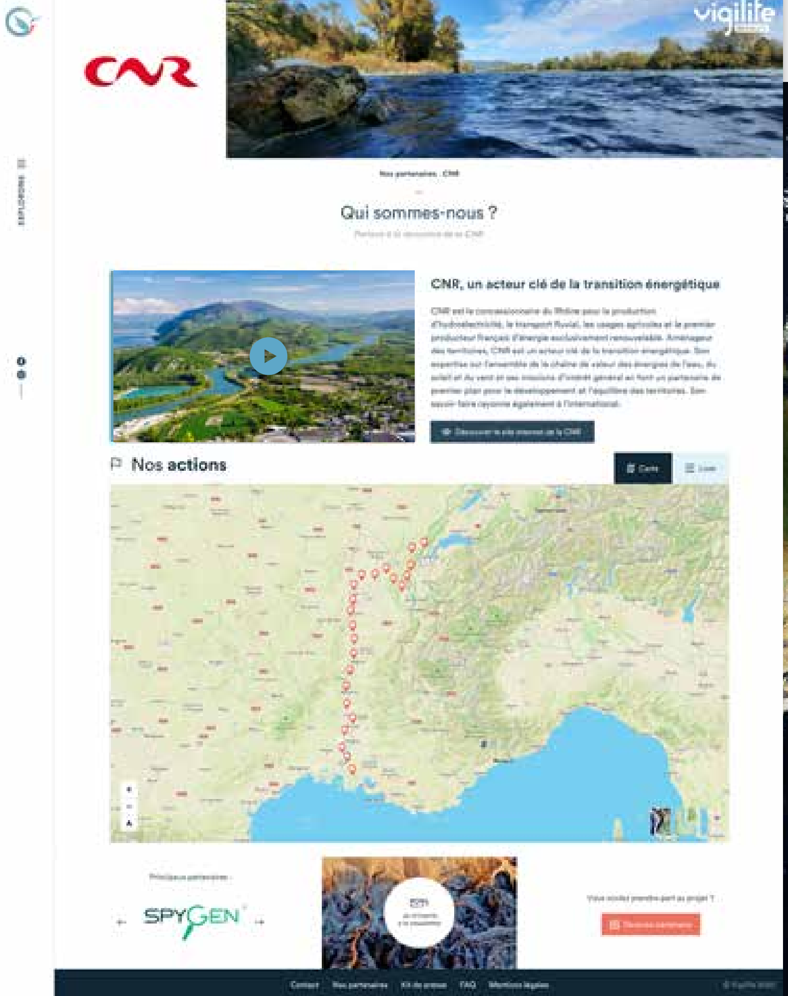


*The data will be presented on the Vigilife maps platform at a spatial resolution of 5x5 km, in compliance with the publication rules defined with each project holder or partner concerned, and in accordance with national policies related to access to genetic resources (Nagoya Protocol in particular).*












### DES TECHNOLOGIES RAPIDEMENT DÉPLOYABLES À

# GRANDE ÉCHELLE

### // TECHNOLOGY THAT CAN BE IMPLEMENTED RAPIDLY ON A LARGE SCALE //




Si l'objectif de Vigilife est de centraliser les données de biodiversité issues d'analyses ADNe, il est également de décentraliser les moyens d'expertise qui permettent de les obtenir. Ainsi, chaque partenaire sera en mesure de traiter ses échantillons sur son territoire et chaque pays pourra rester souverain sur ses ressources génétiques. Pour cela, des solutions technologiques innovantes sont proposées aux membres de l'alliance Vigilife afin de leur permettre de réaliser l'échantillonnage et l'analyse d'ADNe de manière standardisée. Ces solutions intègrent les plus hauts standards de qualité, de sécurité et de performance dans le domaine des expertises génétiques.

## DES LABORATOIRES D'ANALYSE "PLUG AND PLAY"

Ces laboratoires mobiles ont été conçus spécifiquement pour la réalisation d'extractions d'ADNe. Ils permettent de garantir la qualité des analyses et d'éviter tout risque de contamination du manipulateur ou de l'environnement par des pathogènes potentiellement présents dans les échantillons traités.

*While Vigilife's goal is to centralise biodiversity data gathered from analysing eDNA, it also wants to decentralise the expertise needed to obtain that data. This means every partner being able to process samples in their region and every country being able to maintain sovereignty over its genetic resources. To bring this about, members of the Vigilife alliance are being offered innovative technological solutions, enabling them to carry out eDNA sampling and analysis in a standardised way. These solutions incorporate the highest standards in terms of quality, safety and effectiveness in the field of genetic expertise.*

## "PLUG AND PLAY" ANALYSIS LABORATORIES

*These mobile laboratories have been designed specifically for extracting eDNA. They guarantee the quality of the analyses and also eliminate all risk of contamination of the person carrying out the work or of the environment via pathogens potentially present in the samples being processed.*

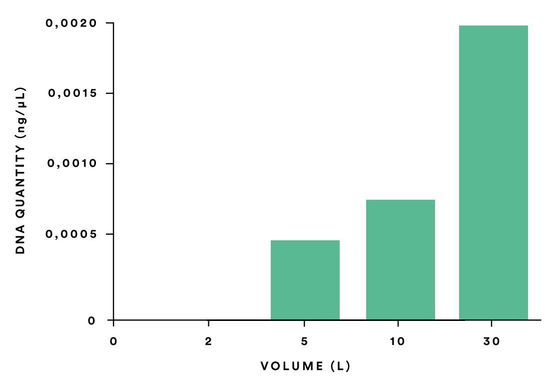
## DES MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE OPTIMISÉES

Les méthodes d'échantillonnage Vigilife ont été optimisées pour la détection d'espèces rares. Dans les rivières, par exemple, elles sont basées sur la filtration de grands volumes d'eau (30 litres), avec une intégration spatiale et temporelle de l'ADNe. Pour les grands milieux, SPYGEN propose des drones d'échantillonnage qui peuvent être facilement déployés sur le terrain, notamment lors d'expéditions scientifiques.

> « Les méthodes d'échantillonnage Vigilife ont été optimisées pour la détection d'espèces rares. »

## OPTIMISED SAMPLING METHODS

*Vigilife's sampling methods have been optimised for the detection of rare species. In rivers, for example, they are based on the filtration of large quantities of water (30 litres), with spatial and temporal eDNA integration. For large ecosystems, SPYGEN offers sampling drones that can easily be deployed in the field, particularly during scientific expeditions.*




**Quantité d'ADN d'une espèce rare de poisson détectée dans une rivière en fonction du volume d'eau filtré.** / *Quantity of DNA of a rare species of fish detected in a river as a function of the volume of water filtered.*

Les filtres utilisés dans le cadre de Vigilife pour la réalisation d'échantillonnages ADNe en milieux aquatiques sont le fruit de plusieurs années de recherche et d'un partenariat étroit entre SPYGEN et Pall Corporation – un leader mondial des systèmes et technologies de filtration.

*Filters used as part of Vigilife for eDNA sampling in aquatic ecosystems are the result of many years of research and a close partnership between SPYGEN and Pall Corporation – a world leader in filtration systems and technology.*



DANS LE SILLAGE DES

# MAMMIFÈRES MARINS

## // IN THE WAKE OF MARINE MAMMALS //

Jean-Luc JUNG (ISYEB / UBO / MNHN) & Linwood PENDLETON (WWF International)


**Phoque moine** / *Monk seal*

Pour le grand public, les mammifères marins sont des espèces emblématiques, témoins immergés de la richesse de la biodiversité des mers et océans. Mais que recouvre réellement ce terme de mammifères marins ? Il concerne trois groupes taxonomiques : les siréniens, proches des éléphants ; les pinnipèdes, carnivores comme nos chiens domestiques ; et les cétacés, à fanons (les baleines) et à dents (les dauphins et leurs cousins). Ces espèces à longue espérance de vie, très mobiles, souvent situées au sommet des réseaux trophiques, sont des sentinelles de la qualité du milieu marin.

> *« Toutes les espèces observées lors de l'échantillonnage ont été détectées par l'ADNe. »*

### PLONGÉE ENTRE MENACES ET MÉCONNAISSANCE

De nombreux facteurs mettent en péril les mammifères marins, au premier rang desquels figurent les activités humaines qui empiètent de plus en plus sur les océans. Bien que des accords internationaux visent à prendre des mesures de gestion pour leur conservation, ils se heurtent à un manque de connaissances sur ces grands mammifères. De nouvelles espèces de cétacés sont en effet découvertes régulièrement alors que d'autres risquent de disparaître sous nos yeux. À cela s'ajoute la difficulté de préciser leurs aires de répartition et leurs chemins migratoires.

### L'ADNe COMME SOLUTION D'AVENIR

Depuis trois ans, l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), le MNHN, SPYGEN, WWF et leurs partenaires, étudient les mammifères marins dans les Antilles françaises et en mer d'Iroise grâce à l'ADN contenu dans des échantillons d'eau de mer. Toutes les espèces observées lors de l'échantillonnage ont été détectées par l'ADNe. Des observations visuelles de pseudorques et de globicéphales tropicaux dans le sanctuaire AGOA en Guadeloupe ont ainsi été confirmées par la présence d'ADN résiduel. Dans le périmètre du Parc naturel marin d'Iroise, ce sont les si discrets marsouins communs qui ont été identifiés. Au vu de ces résultats très prometteurs, l'ADNe va certainement s'imposer à court


**Baleine à bosse** / *Humpback whale*

terme comme l'un des moyens les plus performants pour observer et étudier les mammifères marins. Et donc mieux les protéger !

*Marine mammals are emblematic species in the eyes of the general public, and they can be seen as underwater witnesses of the rich biodiversity of our seas and oceans. But what does the term marine mammals really mean? It refers to three taxonomic groups: sirenians, which are close relatives of elephants; pinnipeds, carnivorous cousins of our domestic dogs; and cetaceans, with both baleen (whales) and toothed species (dolphins and their cousins). These marine mammal species are often at the top of the food web and stand watch over the quality of the marine environment.*

## BESET BY THREATS AND IGNORANCE

*Many factors threaten marine mammals and at the top of the list is human activity, which is encroaching more and more on the oceans. Although international agreements have been reached on managing the conservation of marine mammals, they are hampered by a lack of knowledge about these large creatures. Indeed, new species of cetaceans are regularly discovered while others are at risk of disappearing before our very eyes. Additionally, it is difficult to accurately identify where they are located and their migration routes.*

## eDNA AS THE SOLUTION FOR THE FUTURE

*For three years now, the UBO (Université de Bretagne Occidentale), the MNHN (Muséum National d'Histoire Naturelle), SPYGEN and the WWF, along with their partners, have been studying marine mammals in the French Antilles and the Iroise Sea with the help of DNA found in seawater samples. All species observed during the field campaign were also detected with eDNA. For example, sightings of false killer whales and tropical pilot whales in the AGOA Sanctuary in Guadeloupe were confirmed by the presence of eDNA. Within the perimeter of the Iroise Marine Nature Park, it was the very shy common porpoise that was detected. Given these promising results, eDNA will undoubtedly establish itself in the short term as one of the most comprehensive methods to observe and study marine mammals. And, therefore, to better protect them!*


**Lamantins** / *Manatees*

# LES MAMMIFÈRES TERRESTRES À LA TRACE

## // USING WATER TO TRACK LAND MAMMALS //

 Arnaud LYET, Robin NAIDOO, Abigail HEHMEYER (WWF US) & Alice VALENTINI (SPYGEN)




Rhinocéros de Sumatra / *Sumatran rhinoceros*

Au cours des 50 dernières années, l'Homme a fait disparaître environ 60 % des vertébrés de la surface du globe. La situation est alarmante, particulièrement en Asie où la majorité des grands mammifères sont menacés d'extinction. Pour protéger ces espèces, une bonne connaissance de leurs distributions, leurs effectifs et leurs habitats est indispensable. Il existe de nombreuses méthodes fiables pour l'inventaire et le comptage des populations d'animaux sauvages, mais leurs coûts de mise en œuvre prohibitifs limitent leurs usages à quelques espèces.

> *« L'échantillonnage ADNe a permis de détecter davantage de mammifères que les pièges photos. »*

En raison de son rapport coût/efficacité avantageux, l'ADNe a conquis une place de choix au sein des méthodes d'inventaire de biodiversité en milieu aquatique. Mais, à ce jour, très peu de recherches ont été menées pour évaluer son efficacité en milieu terrestre, notamment pour détecter les mammifères. En 2018, WWF et SPYGEN ont décidé de relever ce défi et d'explorer la possibilité d'inventorier les mammifères terrestres en étudiant l'ADNe extrait à partir d'échantillons d'eau. Ainsi, 60 pièges photos ont été déployés sur 1 000 kilomètres carrés en Colombie-Britannique. De l'eau a été prélevée dans les ruisseaux à proximité de chaque piège, ainsi qu'à l'embouchure des torrents dont les ramifications drainaient les bassins versants de l'aire d'étude. L'échantillonnage ADNe a permis de détecter davantage de mammifères que les pièges photos, avec une efficacité remarquable pour les rongeurs, les ongulés,

les chauves-souris et certaines espèces aux mœurs semi-aquatiques. Ces résultats suggèrent qu'il est possible de détecter la quasi-totalité des mammifères terrestres présents dans une région, simplement à partir de l'analyse ADNe de larges volumes d'eau prélevés dans les cours d'eau qui la traversent. Et bien que des recherches soient nécessaires pour améliorer encore la détection des carnivores, comme les félins, l'ADNe est en voie de devenir un outil précieux pour l'étude et la protection d'espèces menacées, comme le tigre ou le rhinocéros de Sumatra.

---

*Over the last 50 years, humans have wiped out around 60% of the world's vertebrate species. The situation is alarming, particularly in Asia, where the majority of large mammals are facing extinction. To protect these species, it is essential we gain a better understanding of where they are found, their population size, and their habitats. There are many reliable methods for cataloguing and counting wild animal populations (camera traps, transect counts, etc.), but the prohibitive cost of rolling these out on a large scale means their use is typically limited to a few species.*

*Because of its cost-efficiency, eDNA has become a preferred method used to inventory biodiversity in aquatic environments, but very few studies have been carried out to test its effectiveness on land, especially in detecting mammals. In 2018, WWF and SPYGEN decided to tackle this and explore the possibility of cataloguing land mammals by studying eDNA collected in water samples. To do this, 60 camera traps were set up over an area of around 1,000 square kilometres in British Columbia, Canada. Water samples were collected from streams near each camera and at the mouths of torrents whose branches drain the watersheds in the study area.*

*In a comparison of these two methods, eDNA sampling enabled us to detect more mammals than the camera traps, and was particularly effective in distinguishing rodents, ungulates, bats and certain species with semi-aquatic habits.*

*These results suggest it is possible to detect the vast majority of land mammals in an ecosystem, simply by analyzing the eDNA in large amounts of water flowing through their habitat. And while research is needed to further improve the detection of carnivores, like the felids, eDNA is on its way to becoming a precious tool for the conservation of tigers, Sumatran rhinoceros, or other threatened species.*



**Tigre du Bengale** / *Bengal tiger*

# FONDS MONDIAL POUR LA NATURE

## // THE WORLD WIDE FUND FOR NATURE //

Arnaud LYET (WWF US), Dave THAU (WWF International) & Maggie KINNAIRD (WWF International)

WWF



Le WWF est l'une des plus importantes organisations de protection de l'environnement dans le monde, avec un réseau actif dans plus de 100 pays et fort du soutien de près de 6 millions de membres. Il s'appuie sur la science et combine une portée mondiale avec des actions locales, offrant ainsi des solutions innovantes à la rencontre des besoins de la nature et des peuples.

### L'ADNe POUR SUIVRE LES ESPÈCES MENACÉES D'EXTINCTION

Depuis 2013, le WWF et SPYGEN développent de nouvelles applications des technologies ADNe pour améliorer le suivi d'espèces menacées d'extinction. Ils ont par exemple montré l'efficacité de l'ADNe pour inventorier la biodiversité aquatique du fleuve Mékong et confirmer la présence d'espèces extrêmement rares et menacées comme le poisson-chat géant et le dauphin de l'Irrawaddy. En développant des protocoles capables d'extraire l'ADN d'ours polaire à partir d'empreintes de pas dans la neige, ils ont ouvert de nouvelles voies pour reconnaître les individus au sein d'une population et suivre leurs déplacements. Enfin, leurs études pionnières en Amazonie péruvienne et en Colombie-Britannique ont montré le fort potentiel de l'ADNe pour réaliser un inventaire rapide et efficace de la biodiversité de mammifères terrestres à partir d'échantillons d'eau.

Adopter cette technologie à large échelle permettra de veiller plus efficacement au maintien de la biodiversité, de découvrir les dernières populations d'espèces en danger critique d'extinction, et finalement de garantir leur survie. En tant que membre de Vigilife, WWF s'appuiera sur la force de son réseau et de ses partenaires pour dresser l'inventaire le plus complet possible de la biodiversité autour du monde – une étape cruciale pour assurer sa protection.

> *« Adopter cette technologie à large échelle permettra de veiller plus efficacement au maintien de la biodiversité et de découvrir les dernières populations d'espèces en danger critique d'extinction... »*

---

*WWF is the leading conservation organization in the world, working in nearly 100 countries and supported by almost 6 million members. Combining conservation science with its global reach enables WWF to enact local actions from partners in the field, offering innovative solutions that meet the needs of both people and nature.*

### eDNA TO TRACK ENDANGERED SPECIES

*Since 2013, WWF and SPYGEN have been developing new applications of eDNA technologies to improve the monitoring of species facing extinction. For example, they have demonstrated the effectiveness of eDNA in cataloguing aquatic biodiversity in the Mekong River and in confirming the presence of extremely rare and threatened species such as the giant catfish and the Irrawaddy dolphin. By developing protocols capable of extracting polar bear eDNA from footprints in the snow, they have opened up new possibilities for identifying individual animals within a population and following their everyday movements. In addition, their pioneering studies in the Peruvian Amazon and in British Columbia have demonstrated the potential of eDNA to quickly and effectively catalogue terrestrial mammal biodiversity from water samples.*

*Adopting this technology on a large scale will enable us to rapidly identify populations in danger of extinction and quickly enact conservation measures to ensure their survival. As a member of Vigilife, WWF will rely on the strength of its international network to develop the most complete biodiversity inventory possible – a crucial step towards protecting global biodiversity.*




# OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ

## // THE FRENCH BIODIVERSITY OFFICE //

Nicolas POULET (OFB)

**MISSION :** L'OFB est un établissement public qui contribue à la connaissance, la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité des milieux terrestres, aquatiques et marins.

**PROBLÉMATIQUE :** Le suivi régulier des espèces et de leurs habitats à l'échelle nationale est indispensable. Bien que globalement satisfaisantes, les techniques d'échantillonnage conventionnelles ne sont pas sans défaut. Pour les poissons, par exemple, la pêche aux filets maillants s'avère particulièrement invasive et la pêche électrique peu efficace en milieu profond.

**INNOVATION :** Ces limites ont amené l'OFB à soutenir SPYGEN dès 2011 dans le développement des méthodes basées sur l'ADNe, pour le suivi des amphibiens, poissons, bivalves, écrevisses et odonates. Si les résultats pour ces deux derniers groupes se sont révélés mitigés, ceux concernant l'ichtyofaune, la batrachofaune et la malacofaune ont été particulièrement convaincants ; l'utilisation de l'ADNe s'imposant généralement comme une solution plus efficace, moins coûteuse et moins invasive que les méthodes traditionnelles.

**DÉCOUVERTES :** Cette technique novatrice a permis de découvrir de nouvelles portions de cours d'eau colonisées par une espèce en danger, l'apron du Rhône, et d'identifier de nouveaux foyers de gobies à tache noire, espèce particulièrement invasive en provenance du Danube.

**PERSPECTIVES :** Les résultats de ce partenariat permettent d'envisager l'utilisation de l'ADNe pour compléter les méthodes traditionnelles dans le cadre de la surveillance des espèces exotiques envahissantes, de l'inventaire des espèces patrimoniales ou encore pour établir un réseau de suivis multi-taxons.

**MISSION:** *The OFB is a public body contributing to the understanding, preservation, management and restoration of biodiversity in terrestrial, aquatic and marine environments.*

**PROBLEM:** *Regular monitoring of species and their habitats on a national scale is essential. Although satisfactory overall, conventional sampling techniques are far from perfect. With fish, for instance, gillnet fishing is particularly invasive and electric fishing is not effective in deep water.*

**INNOVATION:** *These limits have led the OFB to support SPYGEN, since 2011, in developing eDNA-based methods for monitoring amphibians, fish, bivalves, crayfish and odonates. While the results for these last two groups have been mixed, those concerning ichthyofauna, batrachofauna and malacofauna have been particularly conclusive; the use of eDNA has generally emerged as a more effective, less expensive and less invasive solution than traditional methods.*

**DISCOVERIES:** *This innovative technique has enabled the discovery of new sections of water courses colonised by an endangered species, the Rhone streber, and the identification of new pockets of the round goby, a particularly invasive species from the Danube.*

**OUTLOOK:** *The results of this partnership mean it is now possible to envisage using eDNA to complement traditional methods for monitoring invasive exotic species, inventorying indigenous species and establishing a multi-taxon monitoring network.*

# NOUVEAU REGARD SUR LA BIODIVERSITÉ PISCICOLE

## // A NEW PERSPECTIVE ON FISH BIODIVERSITY //

 Sébastien BROSSE (Université de Toulouse) & Didier PONT (BOKU Vienna)

Les poissons d'eau douce représentent plus de 16 000 espèces actuellement décrites, soit presque autant que tous les vertébrés terrestres confondus. Présents dans l'ensemble des cours d'eau du globe, ils sont essentiels à l'alimentation de plusieurs centaines de millions d'humains et à l'économie mondiale. Être en mesure de les inventorier efficacement s'avère donc primordial pour conserver leur biodiversité et les services qu'ils rendent aux populations humaines.

### L'ADNe, UNE EFFICACITÉ PROUVÉE

Depuis 2011, les membres de Vigilife ont développé une méthode d'inventaire des poissons d'eau douce par l'ADNe qui rivalise en efficacité avec les techniques de pêche traditionnelles. Ainsi, l'ADNe contenu dans moins de 100 litres d'eau du Rhône permet de détecter autant d'espèces de poissons qu'en 10 années d'inventaires par pêche électrique. Des résultats similaires ont été obtenus sur des cours d'eau de Guyane, pourtant beaucoup plus diversifiés, avec plus de 80 espèces détectées dans un seul échantillon d'eau. Ces suivis ont notamment permis de révéler un déclin de la biodiversité aquatique induit par la déforestation et l'orpaillage.

### LES ATOUTS D'UNE MÉTHODE NOVATRICE

L'ADNe présente plusieurs avantages majeurs : il génère un gain de temps évident sur le terrain, il n'est pas biaisé par la morphologie ou le comportement des poissons et il permet d'inventorier tous les habitats, y compris ceux inaccessibles par les méthodes traditionnelles. Il présente également une totale innocuité pour la faune, contrairement aux solutions classiques qui nécessitent de capturer les poissons et génèrent un stress, voire une mortalité importante. Ce dernier point est primordial pour la conservation d'espèces menacées.

### EXPLORER LE CONNU COMME L'INCONNU

La principale limite dans le suivi de la faune piscicole des cours d'eau du globe reste l'absence de bases de références génétiques pour de nombreuses espèces. Ce développement est nécessaire pour inventorier les espèces à enjeux (menacées ou exotiques envahissantes), mais pas indispensable pour les autres. En effet, même sans cette base, il est possible de calculer des indicateurs de biodiversité basés directement sur les séquences d'ADN. Ces nouvelles approches ouvrent la voie à l'élaboration d'indices de qualité environnementale indispensables pour répondre aux grands enjeux planétaires de maintien de la biodiversité aquatique et de la qualité de la ressource en eau.

> *« L'ADNe contenu dans moins de 100 litres d'eau du Rhône permet de détecter autant d'espèces de poissons qu'en 10 années d'inventaires par pêche électrique. »*

*There are currently more than 16,000 documented species of freshwater fish, a figure almost equal to the total number of terrestrial vertebrates. Found in all water courses around the world, they are essential to the global economy and serve as a food source for hundreds of millions of humans. Being able to inventory them effectively is therefore vital to conserve their biodiversity and the services they render to human populations.*

### eDNA, A PROVEN EFFICIENCY

*Since 2011, members of Vigilife have been developing a method for inventorying freshwater fish using eDNA which, in terms of effectiveness, rivals traditional fishing techniques. The eDNA present in less than 100 litres of water from the Rhône can be used to detect just as many species of fish as in 10 years of electrofishing inventories. Similar results have been obtained from water courses in French Guiana, although diversity there was observed to be much higher, with more than 80 species detected in just one water sample. Monitoring in this way has revealed a decline in aquatic biodiversity due to deforestation and gold extraction.*



Loche d'étang / *Weatherfish*

## THE ADVANTAGES OF AN INNOVATIVE METHOD

*eDNA presents several major advantages: it saves a great deal of time in the field, it is not biased by fish morphology or behaviour, and it can be used to catalogue all habitats, including those inaccessible through traditional methods. Further, it does not harm the fauna in any way, unlike conventional solutions, which require the capture of fish and leading to stress and even considerable mortality. This last point is particularly problematic in the case of endangered species.*

## EXPLORING THE KNOWN AND THE UNKNOWN

*The main limitation in monitoring fish fauna in global water courses remains the lack of genetic references for many species. This needs to be rectified in order to catalogue certain species (endangered or invasive exotic), but it is not vital for others. Actually, even without this genetic database, it is possible to calculate biodiversity indicators based directly on DNA sequences. These new approaches open up the possibility of establishing environmental quality indexes that are desperately needed to meet the global challenges of preserving aquatic biodiversity and the quality of our water resources.*



**POUR EN SAVOIR PLUS**
**/ FOR MORE INFORMATION**

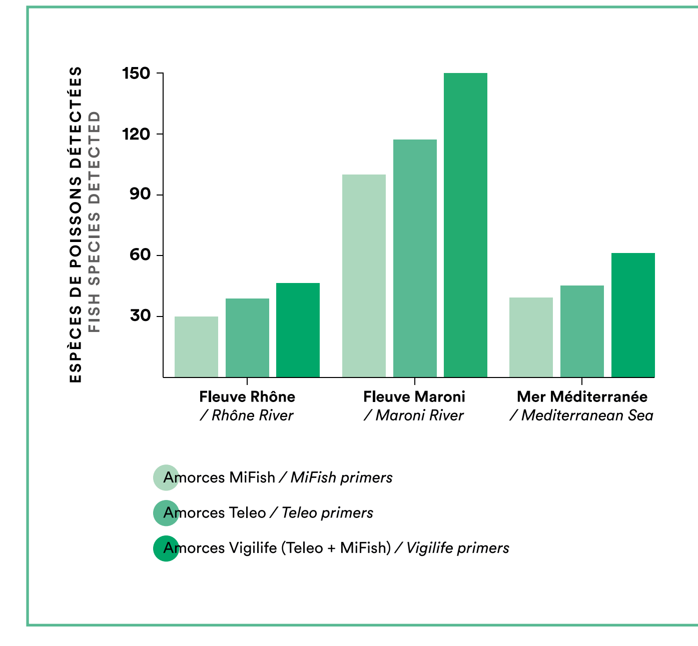
Valentini A. et al. 2016. *Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding. Molecular Ecology.*

Pont D. et al. 2018. *Environmental DNA reveals quantitative patterns of fish biodiversity in large rivers despite its downstream transportation. Scientific reports.*

Cilleros K. et al. 2019. *Unlocking biodiversity and conservation studies in high diversity environments using environmental DNA (eDNA): a test with Guianese freshwater fishes. Molecular Ecology Resources.*

Pont D. et al. 2019. *The future of fish-based ecological assessment of European rivers: from traditional EU Water Framework Directive compliant methods to eDNA metabarcoding-based approaches. Journal of Fish Biology.*

Marques V. et al. 2020. *Blind assessment of vertebrate taxonomic diversity across spatial scales by clustering environmental DNA metabarcoding sequences. Ecography.*




## L'AMPLIFICATION : UNE ÉTAPE CLÉ DE L'ANALYSE

Le choix des amorces utilisées lors de l'étape d'amplification de l'ADN a un effet déterminant sur la détection des espèces les plus rares. Ainsi, à partir d'un même extrait ADN, le nombre d'espèces identifiées peut être très variable en fonction des amorces sélectionnées.

## AMPLIFICATION: A KEY STEP IN ANALYSIS

*The choice of primers used during the amplification stage of eDNA analysis is crucial to the detection of the rarest species. This means that the number of species identified from a given DNA extract can vary greatly, depending on the primers used.*

VERS UN SUIVI GLOBAL DE LA

# BIODIVERSITÉ MARINE PAR L'ADNe

## // A STEP CLOSER TO GLOBAL MARINE BIODIVERSITY MONITORING THROUGH eDNA //

Stéphanie MANEL (EPHE), David MOUILLOT (Université de Montpellier) & Loïc PELLISSIER (ETH / WSL)

### UN SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ DÉPHASÉ PAR RAPPORT AUX CHANGEMENTS PLANÉTAIRES

La biodiversité est la source de nombreux services écosystémiques, le socle même de toute vie et de son évolution. Alors qu'elle est de plus en plus menacée par l'amplitude et la rapidité des changements planétaires, son suivi à hautes résolutions spatiale et temporelle devient une nécessité. Des méthodes performantes existent depuis longtemps pour le suivi global et instantané des habitats ou de notre environnement physique : télédétection, capteurs de fréquences sonores ou électromagnétiques… En comparaison, le suivi de la biodiversité reste parcellaire, souvent local, rarement répliqué dans le temps et focalisé sur quelques espèces cibles. Ce constat est d'autant plus vrai pour la biodiversité marine. L'inaccessibilité de certains habitats (grandes profondeurs), l'immense volume des masses océaniques mais aussi la difficulté d'observer des espèces qui peuvent être furtives (requins) ou cachées (petits poissons récifaux) complexifient grandement ce suivi.



Requin bordé / *Blacktip shark*

### UNE PREUVE DE CONCEPT À TRAVERS L'EXEMPLE DES RÉCIFS CORALLIENS

Les récifs coralliens abritent la plus grande diversité de poissons sur notre planète, avec de nombreuses espèces cryptiques difficiles à observer avec des techniques traditionnelles telles que le comptage en plongée. Les suivis réalisés depuis plusieurs dizaines d'années n'ont pas permis, à ce jour, une estimation fiable de cette diversité de poissons coralliens. Depuis trois ans, plusieurs expéditions menées par les scientifiques de Vigilife, dans le cadre notamment des "Explorations de Monaco", ont permis d'étudier la diversité des poissons coralliens à partir de 251 échantillons d'eau de mer filtrés à travers les océans Indien, Pacifique et Atlantique. L'analyse de l'ADNe a permis de dévoiler une diversité globale de 2 788 espèces de poissons, soit 16 % de plus que dans l'estimation la plus récente. Ces derniers chiffres avaient été récoltés au cours de 13 années d'observations visuelles et à partir de 2 813 transects en plongée dans ces trois océans (projet *Reef Life Survey*). L'ADNe a aussi détecté 50 % de familles en plus que le suivi visuel, avec 118 familles contre 77 précédemment identifiées.

### UNE NOUVELLE ÈRE DANS LE RECENSEMENT DE LA BIODIVERSITÉ À LARGE ÉCHELLE

Les technologies basées sur l'ADNe combinent des propriétés jamais atteintes par les méthodes classiques de suivi de la biodiversité marine. Elles peuvent détecter l'ensemble des espèces de poissons, du plus grand (requin baleine) au plus petit (gobies), sans avoir à les pêcher ni à les perturber. En outre, le protocole d'échantillonnage est simple à mettre en œuvre et ne nécessite pas l'intervention de spécialistes des poissons. Il peut donc être étendu dans un laps de temps très court sur de grandes surfaces, comme cela a déjà été largement démontré dans les écosystèmes d'eau douce. Enfin, ces approches innovantes bénéficient des progrès les plus récents en bioinformatique qui permettent de réaliser des estimations de diversité même sans bases de données génétiques de référence complètes. Ainsi, les développements autour de


**Grande Barrière de corail** / *Great Barrier Reef*



l'ADNe permettent d'envisager un changement d'échelles spatiale et temporelle dans le suivi de la biodiversité, en phase avec les changements planétaires. La mise en place de Vigilife, utilisant des protocoles standardisés dans l'espace et le temps, devrait être le catalyseur de ce changement de paradigme.

## BIODIVERSITY MONITORING IS OUT OF SYNC WITH GLOBAL CHANGES

*Ecosystems are the very bedrock of life and its evolution, and biodiversity is the source of numerous ecosystem services. As biodiversity is increasingly threatened by the growing magnitude and speed of global changes, monitoring it at high spatial and temporal resolutions is becoming a necessity. For some time now we have had access to highly-effective methods for monitoring our physical environment and habitats instantly and on a global scale, such as remote sensing and sensors that measure electromagnetic and acoustic frequencies. In comparison, biodiversity monitoring is still fragmented, often local, rarely replicated over time, and mostly concentrated on a few target species. This is even truer for marine biodiversity. The inaccessibility of some habitats (deep ocean), the sheer enormity of sea masses, and the difficulty of observing species that can be evasive (sharks) or hidden (small reef fish) make such monitoring particularly complex.*

## PROOF OF CONCEPT BASED ON CORAL REEFS

*Coral reefs harbour the greatest diversity of fish anywhere on the planet. They are home to many cryptic species that are difficult to observe using traditional techniques, such as visual survey by divers. Monitoring carried out over several decades has still not provided us with a reliable estimation of this diversity of coral fish. For the last three years, several expeditions led by Vigilife scientists, in particular as part of the "Monaco Explorations", have provided a means for studying coral fish diversity through 251 filtered seawater samples from the Indian, Pacific and Atlantic oceans. eDNA analyses revealed an overall diversity of 2,788 species of fish – 16% more than the most recent estimation, which was based on visual observations from 2,813 scuba diving transects in these three oceans, conducted over 13 years as part of the Reef Life Survey project. eDNA also detected 50% more families than visual monitoring (118 vs. 77).*

## A NEW ERA FOR A LARGE-SCALE BIODIVERSITY INVENTORY

*eDNA-based technologies enable analyses unimaginable with conventional methods for monitoring marine biodiversity. They are able to detect all species of fish, from the biggest (whale shark) to the smallest (gobies), without having to catch or disturb them. Furthermore, the sampling protocol is easy to carry out and does not require the involvement of fish specialists. It can therefore be implemented over large areas in a very short space of time, as already widely demonstrated in freshwater ecosystems. Lastly, these innovative approaches use the latest advances in bioinformatics to draw up diversity estimations even without a complete genetic reference database. Developments in eDNA can be expected to enable a change in the spatial and temporal scales of biodiversity monitoring, in step with global changes. The setting up of Vigilife, which uses standardised space and time protocols, should be a catalyst for this paradigm shift.*


**POUR EN SAVOIR PLUS**
**/ FOR MORE INFORMATION**

*Mathon L. et al. (under review). Circumglobal distribution of fish environmental DNA on coral reefs. Nature Communications.*

# AU CHEVET DES AMPHIBIENS

## // KEEPING WATCH OVER AMPHIBIANS //

 **Claude MIAUD (EPHE), Jelger HERDER (RAVON) & Trent GARNER (ZSL)**

Avec plus de 8 000 espèces actuellement connues, les amphibiens présentent une extraordinaire diversité en termes de morphologie, de démographie, de comportement et d'écologie. Leur physiologie et leurs modes de vie, qui les exposent fortement aux contraintes environnementales, en font d'excellents bioindicateurs de la qualité des écosystèmes. Et le constat est alarmant : perte ou dégradation de leurs habitats terrestres et aquatiques, surexploitation, concurrence avec des espèces introduites, maladies... Aujourd'hui, plus de 40 % des espèces ayant fait l'objet d'une évaluation par l'UICN sont menacées par les activités humaines.

> *« Quatre inventaires successifs avec des méthodes classiques sont nécessaires pour atteindre la détection obtenue en une seule visite avec l'ADNe. »*

Si les amphibiens peuvent être difficiles à observer dans la nature, la détection la plus précoce possible des espèces introduites ou des pathogènes conditionne grandement l'efficacité des actions menées. En cela, les méthodes ADNe développées par les membres de Vigilife s'avèrent particulièrement performantes. Elles pourraient rapidement améliorer le suivi des amphibiens et de leur statut sanitaire à l'échelle mondiale.

### OPTIMISER LA DÉTECTION DES ESPÈCES

Les premières études sur l'ADNe en milieu aquatique ont été menées en France, sur la grenouille taureau. Elles ont permis de démontrer l'efficacité de la méthode et de révéler que l'ADN libéré dans l'eau pouvait persister pendant plusieurs jours. Les tests réalisés par la suite sur le triton crêté, au Royaume-Uni, ont mis en évidence une détectabilité de l'espèce de 99,3 % grâce à l'ADNe, contre 76 % avec des techniques traditionnelles. À partir d'un même prélèvement d'eau, il est également possible d'étudier toute une communauté d'amphibiens, avec une détectabilité moyenne de 97 %, contre 58 % avec des méthodes traditionnelles. Quatre inventaires successifs avec des méthodes classiques sont ainsi nécessaires pour atteindre la détection obtenue en une seule visite avec l'ADNe. La méthode s'avère d'autant plus pertinente dans des sites difficiles d'accès et réunissant de nombreuses espèces, comme en milieu équatorial. Elle a par exemple permis de retrouver une grenouille brésilienne – *Megaelosia bocainensis* – que l'on croyait "éteinte" depuis plus de 50 ans. L'ADNe a également pour avantage de limiter les risques de dissémination de pathogènes entre les différents sites étudiés.

### IDENTIFIER LES PATHOGÈNES

Le prélèvement d'eau utilisé pour détecter la communauté d'amphibiens peut également servir à identifier leurs pathogènes, tels que des champignons, des virus et de nombreuses espèces de


**Triton crêté** / *Great crested newt*
© Jelger Herder

métazoaires parasites. Une étude réalisée dans les Alpes montre, par exemple, que la présence d'un ranavirus est détectable par ADNe avant et après un événement de mortalité massive de têtards. La méthode permet également de détecter la présence d'ADN de champignons pathogènes, comme *Batrachochytrium salamandrivorans*, même s'il est présent dans le milieu en faible concentration, si les amphibiens sont porteurs sains ou si la prévalence d'infection est faible.

---

*With more than 8,000 species currently known, amphibians display amazing diversity in terms of morphology, demography, behaviour and ecology. Their physiology and habits, which place them very much at the mercy of environmental conditions, make them excellent bioindicators of ecosystem quality. And the findings are alarming: loss and degradation of their terrestrial and aquatic habitats, overexploitation, competition with introduced species, and diseases... Today, more than 40% of the species that have been assessed by IUCN are threatened by human activity.*
*While amphibians may be difficult to observe in the wild, the effectiveness of actions taken depends on how quickly introduced species or pathogens are detected. In this respect, the eDNA methods developed by Vigilife members are proving particularly effective. They could rapidly improve the monitoring of amphibians and their health status on a global scale.*

## OPTIMISING THE DETECTION OF SPECIES

*The first eDNA studies in an aquatic environment were carried out in France on the bullfrog. They proved the effectiveness of the method and demonstrated that DNA released into water can persist for several days. Tests subsequently carried out on great crested newts in the United Kingdom revealed a species detectability of 99.3% using eDNA, compared to 76% with traditional techniques. Using the same water sample, it was also possible to study an entire community of amphibians, with an average detectability of 97%, compared to 58% with traditional methods. Four successive inventories using traditional methods are thus needed to obtain the same detection levels as one eDNA survey.*
*The method is proving to be even more useful in sites where access is difficult and where there are many species, such as in equatorial environments. For example, it enabled the rediscovery of a Brazilian frog –* Megaelosia bocainensis *– believed to be extinct for more than 50 years. Another advantage of eDNA is that it limits the risk of spreading pathogens between the various study sites.*

## IDENTIFYING PATHOGENS

*Water samples collected to detect amphibian communities can also be used to identify their pathogens, such as fungi, viruses and many species of metazoan parasites. For example, a study conducted in the Alps revealed that the presence of a ranavirus can be detected through eDNA before and after the mass death of tadpoles. The method also makes it possible to detect the presence of pathogenic fungi, such as* Batrachochytrium salamandrivorans*, even though it is present in the water body at low concentrations, if amphibians are healthy carriers or if the infection rate is low.*

**Grenouille taureau** / *Bullfrog*

*© Franck Taboury*



**POUR EN SAVOIR PLUS**
**/ FOR MORE INFORMATION**


Dejean T. et al. 2011. *Persistence of environmental DNA in freshwater ecosystems. PloS one.*

Dejean T. et al. 2012. *Improved detection of an alien invasive species through environmental DNA barcoding: the example of the American bullfrog* Lithobates catesbeianus. *Journal of Applied Ecology.*

Biggs J. et al. 2015. *Using eDNA to develop a national citizen science-based monitoring programme for the great crested newt* (Triturus cristatus). *Biological Conservation.*

Valentini A. et al. 2016. *Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding. Molecular Ecology.*

Miaud C. et al. 2019. *eDNA increases the detectability of ranavirus infection in an alpine amphibian population. Viruses.*

Lopes C. et al. 2020. *Lost and found: Frogs in a biodiversity hotspot rediscovered with environmental DNA. Molecular Ecology.*

Spitzen-van der Sluijs A. et al. 2020. *Using environmental DNA for detection of* Batrachochytrium salamandrivorans *in natural water. Environmental DNA.*

# LA GÉNÉTIQUE AU SECOURS DES BIVALVES D'EAU DOUCE

## // GENETICS TO THE RESCUE FOR FRESHWATER BIVALVES //

Vincent PRIÉ (SPYGEN / MNHN) & Manuel LOPES-LIMA (CIBIO)

Les bivalves d'eau douce font partie des invertébrés les plus menacés à l'échelle mondiale. Ainsi, la grande mulette, autrefois répandue dans tous les principaux fleuves d'Europe de l'Ouest, ne subsiste plus aujourd'hui qu'au sein de six petites populations en déclin. A contrario, certaines espèces envahissantes menacent les écosystèmes et leur régulation induit des coûts importants. Le rôle fonctionnel des bivalves demeure pourtant essentiel. Filtrant l'eau des rivières en permanence, ils s'imposent comme d'excellents bioindicateurs de la qualité des milieux aquatiques.

> *« L'ADNe permet, dans tous les cas, de détecter l'ensemble des espèces connues par les inventaires traditionnels et généralement 20 à 30 % d'espèces en plus. »*

### DES INVENTAIRES DIFFICILES

L'inventaire des bivalves représente un défi naturaliste, notamment dans les grands fleuves qui concentrent l'essentiel de la biodiversité. D'une part, le milieu aquatique reste difficile et dangereux à prospecter, même pour des plongeurs chevronnés. D'autre part, beaucoup d'espèces sont rares et/ou difficiles à détecter du fait notamment de leur taille, de leur recouvrement par la vase ou les algues et de leur enfoncement périodique dans le sédiment. À ces difficultés d'observation s'ajoutent les problèmes de détermination. Beaucoup d'espèces sont en effet particulièrement difficiles à identifier sur le terrain sans l'aide de la génétique.

### L'ADNe CHANGE LA DONNE

Depuis 2015, les membres de Vigilife, en collaboration avec plusieurs partenaires français et portugais, développent une nouvelle méthode d'inventaire des bivalves d'eau douce basée sur l'ADNe. Plus de 300 sites ont ainsi été étudiés à travers la France. Les résultats obtenus démontrent la très grande efficacité de la méthode. L'ADNe permet, dans tous les cas, de détecter l'ensemble des espèces connues par les inventaires traditionnels et généralement 20 à 30 % d'espèces en plus. Il a même permis de retrouver une population de grande mulette que l'on croyait disparue. Ces données sont en accord avec les connaissances sur l'écologie et la biogéographie des bivalves d'eau douce recensés. Les tests réalisés sur la faune de Guyane ou du Maroc sont également concluants et confortent l'intérêt d'utiliser la méthode à large échelle.

### VERS UN DÉPLOIEMENT DANS LES MILIEUX SOUTERRAINS

Les résultats convaincants obtenus pour les bivalves ouvrent de nouvelles perspectives pour le suivi de l'état de santé d'autres milieux difficiles d'accès, en particulier les aquifères souterrains qui fournissent l'essentiel de l'eau potable à l'humanité. Des développements sont également



**Grande mulette** / *Spengler's freshwater mussel*

© Vincent Prié

en cours pour l'inventaire des gastéropodes. Cela permettra de compléter le panel des espèces nécessaires pour caractériser tous les milieux aquatiques d'eau douce continentaux, et de suivre à la fois les espèces à enjeux de conservation et la qualité des écosystèmes.

*Freshwater bivalves are among the most endangered invertebrates in the world. The giant freshwater pearl mussel, once common in all the major rivers of Western Europe, now only exists as six small and declining populations. And yet the functional role of bivalves is an essential one. As they constantly filter river water, they are excellent bioindicators of the quality of aquatic environments. Conversely, invasive species threaten ecosystems and efforts to control their numbers are extremely costly.*

## DIFFICULT INVENTORIES

*Cataloguing bivalves is a major challenge, especially in the large rivers which contain the bulk of their biodiversity. First, exploring aquatic environments can be difficult and dangerous, even for experienced divers. Second, many of the species are rare and/or difficult to detect because they are small, covered in silt or algae, or bury themselves in sediment periodically. On top of all these observation hurdles come identification problems. Many species are, in fact, particularly difficult to identify in the field without the assistance of genetics.*

## eDNA CHANGES EVERYTHING

*Since 2015, Vigilife members, in collaboration with several French and Portuguese partners, have been developing a new method for cataloguing freshwater bivalves based on eDNA. As part of this, more than 300 sites have been studied throughout France. The results show just how effective this method is: in every case, eDNA detected all species catalogued through traditional inventories and 20–30% more species in general. It even led to the rediscovery of a population of giant freshwater pearl mussels previously thought to be extinct. This data is in line with knowledge about the ecology and biogeography of documented freshwater bivalves. Tests carried out in French Guiana and Morocco have also proved conclusive and confirm the advantages of using this method on a large scale.*



**Anodonte chinoise** / *Chinese pond mussel*

© Vincent Prié



**Inventaire traditionnel des bivalves** / *Traditional inventory of bivalves*

© Vincent Prié

## TOWARDS DEPLOYMENT IN UNDERGROUND ENVIRONMENTS

*The convincing results obtained so far open up new possibilities for monitoring the health status of bivalves in other, hard-to-access environments. This is especially the case for underwater aquifers, which supply humans with most of their drinking water. Work is also under way to catalogue gastropods. This would make it possible to complete the panel of species necessary to characterise all continental freshwater aquatic environments, and to monitor both species of importance for conservation and ecosystem quality.*



**POUR EN SAVOIR PLUS**
**/ FOR MORE INFORMATION**

Prié V. et al. 2020. *Environmental DNA metabarcoding for freshwater bivalves biodiversity assessment: methods and results for the Western Palearctic (European sub-region). Hydrobiologia.*

# RÉVÉLER LA BIODIVERSITÉ CACHÉE DU SOL

## // UNCOVERING THE BIODIVERSITY HIDDEN IN SOIL //

Wilfried THUILLER (CNRS) & Mickaël HEDDE (INRAE)

Pourtant juste sous nos pieds, le sol reste délaissé par les grands programmes de conservation ou de suivi. Or, sa biodiversité donne le tournis : sous un m² de sol, on peut compter des centaines d'individus de la macrofaune (lombrics, etc.), des milliers de la mésofaune (collemboles, etc.) et des millions de la microfaune (protozoaires, etc.). La densité de bactéries dépasse quant à elle le milliard d'individus par m². Au final, on dénombre autant d'êtres vivants dans une cuillère à café de sol que d'humains sur Terre !

> *« La densité de bactéries dépasse quant à elle le milliard d'individus par m². Au final, on dénombre autant d'êtres vivants dans une cuillère à café de sol que d'humains sur Terre ! »*

Les difficultés d'observation rendent cette richesse encore trop peu connue, alors qu'elle est essentielle au maintien de nombreux services, comme la fertilité des sols, la régulation du cycle de l'eau ou la lutte contre l'érosion. Fortement menacée par les impacts des activités humaines et le changement climatique, qui entraînent des conséquences potentiellement désastreuses pour l'Homme, cette fragile biodiversité doit être étudiée urgemment.

### RENDRE VISIBLE L'INVISIBLE

Afin de quantifier efficacement ces impacts sur la biodiversité cachée du sol, de nouvelles méthodes d'inventaire basées sur l'ADNe ont été mises au point au cours des dernières années. De nombreuses études portées par des membres de Vigilife utilisent cette technologie pour étudier la biodiversité des sols à travers le monde. Elles ont ainsi permis de démontrer que l'ADNe peut être utilisé en remplacement de relevés plus traditionnels (sur les plantes, lombrics, etc.), pour comprendre comment différents groupes trophiques interagissent entre eux le long de gradients environnementaux (champignons parasites ou symbiotiques, prédateurs, etc.), et quels groupes, s'ils venaient à disparaître, impacteraient le plus le fonctionnement et la résilience d'un écosystème.

### VERS UNE ÉTUDE INÉDITE DES SOLS DU MONDE

Il n'existe aujourd'hui aucun réseau de surveillance qui s'intéresse à l'ensemble de la biodiversité du sol à l'échelle mondiale. Différentes initiatives ont vu le jour au cours des dernières années, mais celles-ci ne prenaient en compte qu'un nombre restreint de sites et se focalisaient uniquement sur des taxons pour lesquels des spécialistes étaient disponibles. Un projet pilote de suivi de la biodiversité globale du sol par l'ADNe est actuellement en cours dans les Alpes françaises. Il sera déployé à partir de 2021 à l'international au travers de Vigilife, afin de suivre efficacement l'effet des changements globaux sur la biodiversité et d'identifier les pratiques de gestion et de conservation des sols les plus durables.



**L'agriculture intensive, une des principales menaces pour les sols**
*/ Intensive agriculture, one of the main threats to soils*

*It may be just under our feet, but soil remains neglected by major conservation and monitoring programmes. Yet its biodiversity is large enough to make your head spin. In one square metre of soil you will find hundreds of macrofauna (such as earthworms), thousands of mesofauna (such as collembola) and millions of microfauna (such as protozoa). As for bacteria, their density rises into the billions per square metre. In fact, there are as many living beings in a single teaspoon of soil as there are humans on Earth! Because it is so difficult to observe, this wealth of life remains largely unknown, even though it provides essential services such as ensuring the fertility of soil and fighting erosion. Heavily endangered by the impacts of human activity and climate change, with potentially disastrous consequences for humans, this fragile biodiversity needs to be studied as a matter of urgency.*

**Les vers de terre sont les premiers architectes des sols fertiles**
*/ Earthworms are the first architects of fertile soils*

## MAKING THE INVISIBLE VISIBLE

*New inventory methods based on eDNA have been perfected in recent years in order to effectively quantify these impacts on the hidden biodiversity of soil. In numerous studies carried out by Vigilife members, this technology has been applied to analyse the biodiversity of soils around the world. These have demonstrated that eDNA can be used instead of traditional surveys (e.g. for plants or earthworms) to understand how different trophic groups (e.g. parasitic or symbiotic fungi, predators) interact with each other along environmental gradients and which groups, if lost, would have the greatest impact on the functioning and resilience of an ecosystem.*

## TOWARDS AN UNPRECEDENTED STUDY OF THE WORLD'S SOILS

*To date, no monitoring network has taken an interest in the whole soil biodiversity on a global scale. Various initiatives have been carried out in recent years, but these have only covered a limited number of sites and have focused solely on taxa for which specialists were available. A pilot project to monitor global soil biodiversity through eDNA is currently under way in the French Alps. It will be rolled out on an international level from 2021 via Vigilife, in order to effectively monitor the effect of global changes on biodiversity and to identify the most sustainable soil management and conservation practices.*



**Collembole** */ Collembola (Dicyrtomina saundersi)*



**POUR EN SAVOIR PLUS**
**/ FOR MORE INFORMATION**


Bienert F. et al. 2012. *Tracking earthworm communities from soil DNA. Molecular Ecology.*

Yoccoz N. G. et al. 2012. *DNA from soil mirrors plant taxonomic and growth form diversity. Molecular Ecology.*

Giampaoli S. et al. 2014. *The environmental biological signature: NGS profiling for forensic comparison of soils. Forensic Science International.*

Henneron L. et al. 2015. *Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. Agronomy for Sustainable Development.*

Coudrain V. et al. 2016. *Temporal differentiation of soil communities in response to arable crop management strategies. Agriculture, Ecosystems & Environment.*

Guerrieri A. et al. 2020. *Effects of soil preservation for biodiversity monitoring using environmental DNA. Molecular Ecology.*



# DOMAINE DES ÉCOLES POLYTECHNIQUES FÉDÉRALES DE SUISSE

## // THE DOMAIN OF THE SWISS FEDERAL INSTITUTES OF TECHNOLOGY //

Loïc PELLISSIER (Professeur ETH / WSL)

WSL

ETH zürich

Pour faire face aux grands défis de l'humanité en matière de développement et de durabilité, il est primordial de combiner les compétences et de croiser les savoirs. C'est dans cette optique que le Domaine des Écoles Polytechniques Fédérales (EPF) rassemble un réseau d'institutions et d'équipes de recherche multidisciplinaires. Le Domaine des EPF est une union d'universités et d'instituts de recherche et de technologie du gouvernement suisse, qui comprend, entre autres, l'EPF Zürich (EPFZ) et l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL). L'EPFZ, qui mène depuis des décennies des recherches technologiques pour un monde plus durable, est aujourd'hui un leader mondial dans ce domaine. L'institut de recherche WSL développe, quant à lui, des outils et des solutions qui permettent de gérer les paysages et les forêts de manière responsable, tout en préservant les écosystèmes naturels.

### INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET ÉCOLOGIE

Depuis 2015, le laboratoire de recherche en écologie du paysage (EPFZ / WSL) déploie les technologies ADNe à de larges échelles spatiales pour mieux comprendre la distribution de la biodiversité marine et terrestre. Sur la base de ces données uniques, l'équipe développe des modèles informatiques utilisant l'intelligence artificielle, afin de comprendre la variation spatiale et temporelle de la biodiversité, d'anticiper les trajectoires futures, et d'orienter les actions de gestion.

En tant que membre de Vigilife, ce groupe de recherche participera à la mise au point de nouvelles technologies permettant de faciliter l'échantillonnage dans des sites difficilement accessibles et de simplifier l'analyse de données massives provenant d'expertises ADNe. Ils contribueront également au développement du réseau mondial de sites suivis grâce à ces approches innovantes.

---

*In order to cope with humanity's major challenges in development and sustainability, it is essential to combine skills within a multidisciplinary research network. This is the basis of the ETH Domain, a union of universities and research and technology institutes of the Swiss government, including ETH Zurich and the Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL). ETH Zurich has led research on technology to improve environmental sustainability for decades and is now a leader in the field. The research institute WSL develops tools and solutions that enable the responsible management of landscapes and forests, while also supporting the preservation of natural ecosystems.*

### ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ECOLOGY

*Since 2015, the joint ETH-WSL research laboratory of landscape ecology has been deploying eDNA technology over broad spatial scales to better understand the distribution of marine and terrestrial biodiversity. Based on these unique datasets, the team develops computer models using artificial intelligence to understand spatial and temporal variation in biodiversity and to anticipate future trajectories to guide management decisions.*

*As a member of Vigilife, this research group will be involved in the development of new technologies to enable sampling in sites that are difficult to access and to facilitate the analysis of massive amounts of data from eDNA. They will also contribute to the development of a global network of sites monitored using these innovative approaches.*

# UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

## « I-SITE MONTPELLIER UNIVERSITÉ D'EXCELLENCE (MUSE) »

## // UNIVERSITY OF MONTPELLIER //

David MOUILLOT (Professeur Université de Montpellier),
Philippe AUGE (Président Université de Montpellier)
& François PIERROT (Directeur Exécutif MUSE)




Fondée en 1150 avec l'école de médecine, l'Université de Montpellier est l'une des plus anciennes institutions d'enseignement supérieur, d'étude et de recherche au monde. Elle affiche très tôt son caractère multidisciplinaire « *Studium Generale* », c'est-à-dire un centre d'enseignement de toutes les disciplines. Fort de cet héritage, le projet MUSE (Montpellier UniverSité d'Excellence) réunit, depuis 2017, seize établissements de recherche et d'enseignement autour de trois grands défis : la sécurité alimentaire, la protection de l'environnement et la santé humaine. Cette unification s'est traduite en 2018 et 2019 par une première place au classement de Shanghai dans la discipline « écologie » ; l'unique première place de la France dans ce concours d'envergure mondiale.

### UN FORT PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ

Au-delà de cette excellence académique, MUSE initie de nombreux partenariats avec des acteurs socio-économiques, afin de faire émerger et d'encourager l'innovation. Dans ce cadre, la société SPYGEN a été lauréate en 2018 d'un projet « Companies on Campus » et a pu s'installer dans le laboratoire MARine Biodiversity, Exploitation and Conservation (MARBEC). Au sein de l'Université de Montpellier, SPYGEN collabore également, depuis 2011, avec le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) pour le développement des méthodes ADNe pour le suivi de la biodiversité terrestre.

Ces partenariats ont permis d'obtenir le financement de plusieurs projets nationaux et européens et de co-publier de nombreux articles scientifiques dans des revues internationales. La mise en place d'un Laboratoire Commun (LabCom) entre MARBEC et SPYGEN, financé par l'ANR (2021-2023), va cimenter ce partenariat public-privé et agir comme catalyseur pour l'émergence d'une nouvelle génération d'indicateurs de biodiversité basés sur l'ADNe. Vigilife, dont l'Université de Montpellier est l'un des principaux partenaires, va permettre de renforcer nos capacités à étudier les changements rapides de biodiversité à l'échelle mondiale, pour mieux répondre à l'un des plus grands défis qui nous attend : concilier la protection de la Nature et les activités humaines.

*Founded in 1150 with a school of medicine, the University of Montpellier is one of the oldest institutions of higher education, study and research in the world. Almost from the start it demonstrated its multidisciplinary character as a Studium Generale, i.e. a centre for education in all disciplines. Carrying this tradition forward, in 2017, MUSE (Montpellier UniverSité d'Excellence) brought together sixteen research and teaching establishments to tackle three major challenges: food safety, environmental protection and human health. In 2018 and 2019 this union led to MUSE earning first place in the "ecology" discipline in the Shanghai Academic Ranking of World Universities – the first top rank for France in this international league.*

### A STRONG PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP

*Aside from academic excellence, MUSE has initiated numerous partnerships with socio-economic figures to foster and encourage innovation. As part of this, in 2018, SPYGEN earned a "Companies on Campus" award and its team was involved in the MARine Biodiversity, Exploitation and Conservation (MARBEC) laboratory. At the University of Montpellier, SPYGEN has also been working with CEFE (Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive) on the development of eDNA methods to monitor terrestrial biodiversity.*

*These partnerships have made it possible to secure financing for several national and European projects, and to co-publish numerous scientific articles in international journals. The setting up of a joint MARBEC/SPYGEN lab (Laboratoire Commun or LabCom), funded by the ANR from 2021 to 2023, will cement this public-private partnership and act as a catalyst for the emergence of a new generation of biodiversity markers based on environmental DNA. Vigilife, with the University of Montpellier as a main partner, will help us to enhance our ability to study rapid changes in biodiversity on a global scale in order to better meet one of our greatest challenges: reconciling environmental protection and human activity.*






# EXPÉDITIONS SCIENTIFIQUES

## // SCIENTIFIC EXPEDITIONS //



**Tony DEJEAN (SPYGEN) & David MOUILLOT (Université de Montpellier)**

Depuis 2017, les membres de Vigilife ont participé à de nombreuses expéditions scientifiques aux quatre coins du monde. Elles ont permis de tester les méthodes « ADN environnemental » dans des écosystèmes variés et d'étudier la biodiversité extraordinaire qu'abritent ces milieux. En s'appuyant sur cette expérience, des expéditions Vigilife seront réalisées chaque année afin d'explorer les territoires les plus menacés de notre planète et de sensibiliser le grand public à la beauté de ces écosystèmes et à leur rôle dans le maintien de la vie sur Terre.

---

*Members of Vigilife have been taking part in numerous scientific expeditions around the world since 2017. These expeditions have enabled them to test "environmental DNA" methods in a variety of ecosystems and study the extraordinary biodiversity found in these environments. Drawing on this experience, Vigilife expeditions will now be launched every year to explore our planet's most endangered regions and to raise public awareness of the beauty of these ecosystems and their role in sustaining life on Earth.*






## GOMBESSA 5 - EXPLORER LES PROFONDEURS

*GOMBESSA V - EXPLORING THE DEPTHS*

- **Mer Méditerranée**  
  *The Mediterranean Sea*
- **Juillet 2019** / *July 2019*
- **4 semaines** / *4 weeks*
- **56**
- Blancpain, Fondation Prince Albert II de Monaco, Explorations de Monaco, Agence de l'eau RMC, CEFE, MARBEC, Andromède Océanologie, SPYGEN

## COLOMBIE

## MALPELO - L'ADNe MIS À L'ÉPREUVE

*MALPELO - eDNA PUT TO THE TEST*

## EXPÉDITION SANTA MARTA - À L'ÉCOUTE DU FLEUVE

*THE SANTA MARTA EXPEDITION - LISTENING TO THE RIVER*

P. 60 & 61

## SÉNÉGAL - LA REDÉCOUVERTE D'UN FLEUVE

*SENEGAL - THE REDISCOVERY OF A RIVER*

- **Fleuve Casamance** (Sénégal)  
  *The Casamance River (Senegal)*
- **Juillet 2018** / *July 2018*
- **7 jours** / *7 days*
- **26**
- Oceanium, SPYGEN, Beauval Nature, Zoo de La Palmyre, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable du Sénégal

## ANTARCTIQUE - SUR LES TRACES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

*THE ANTARCTICA - TRACKING CLIMATE CHANGE*

- **Antarctique** / *The Antarctica*
- **Janvier à février 2020** / *January to February 2020*
- **6 semaines** / *6 weeks*
- **98**
- Greenpeace, MARBEC, SPYGEN, University of Exeter, University of St Andrews

- **Lieu** / *Location*
- **Dates** / *Dates*
- **Durée** / *Duration*
- **Nombre d'échantillons prélevés**  
  *Number of samples collected*
- **Principaux partenaires** / *Main partners*




EXPEDITIONS

## ANNAMITES - LES MONTAGNES SECRÈTES

*THE ANNAMESE - THE SECRET MOUNTAINS*

**Chaîne Annamitique** (Laos / Vietnam)
*The Annamite Range (Laos / Vietnam)*

**Septembre 2017 et mars 2018**
*September 2017 and March 2018*

**6 semaines** / *6 weeks*

**90**

Projet Anoulak, Beauval Nature, SPYGEN, WWF Vietnam, Saola Working Group, Nakai Nam Theun National Protected Area

## ÎLES ÉPARSES - TRÉSORS INSULAIRES

*THE SCATTERED ISLANDS - ISLAND TREASURES*

**Îles Éparses** (Océan Indien)
*The Scattered Islands (Indian Ocean)*

**Avril 2019** / *April 2019*

**4 semaines** / *4 weeks*

**148**

Université de Montpellier, IFREMER, University of Lancaster, ETH Zurich, SPYGEN

## KINABATANGAN - BIODIVERSITÉ ET HUILE DE PALME

*KINABATANGAN - BIODIVERSITY AND PALM OIL*

**Fleuve Kinabatangan** (Malaisie)
*The Kinabatangan River (Malaysia)*

**Octobre 2019** / *October 2019*

**2 semaines** / *2 weeks*

**28**

Sabah Wildlife Department, Sabah Biodiversity Center, Hutan, University of Cardiff, Beauval Nature, Spicy Motion, SPYGEN

## LENGGURU - À LA DÉCOUVERTE D'UN DERNIER ÉDEN

*LENGGURU - DISCOVERING A LAST EDEN*

**Littoral du massif Lengguru** (Indonésie)
*The coastal region of the Lengguru Range (Indonesia)*

**Octobre à novembre 2017** / *October to November 2017*

**6 semaines** / *6 weeks*

**112**

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Centre de Recherche Océanographique de l'Institut indonésien des sciences (RCO-LIPI), École polytechnique de Sorong (Politeknik KP Sorong), MARBEC, SPYGEN, Fondation Total, TIPCO A PCL, Explorations de Monaco, IFI

# ANNAMITES
# LES MONTAGNES SECRÈTES

## // THE ANNAMESE – THE SECRET MOUNTAINS //

C'est l'une des jungles les plus secrètes au monde. Les montagnes des Annamites, une chaîne courant entre le Vietnam et le Laos, renferment une foule d'espèces animales toutes plus rares et méconnues les unes que les autres. Avec en première ligne, le saola : un bovin aux allures d'antilope découvert en 1992, que les scientifiques ne connaissent qu'à travers quelques images et un saola capturé par des villageois et mort après quelques jours de captivité en 2010. Il fut ensuite seulement localisé en 2013 dans les montagnes Annamites grâce aux pièges photographiques d'une équipe du WWF. Pour tenter de remonter la trace des derniers saolas et d'identifier d'autres espèces rares, deux expéditions ont permis de réaliser des prélèvements ADNe dans les rivières, les mares et les lacs de la région, dans des conditions souvent difficiles : végétation dense, sangsues omniprésentes et même passage d'un typhon… Les prélèvements ont finalement révélé la présence de plusieurs espèces rares, comme le muntjac géant – un cervidé en danger critique d'extinction – ou l'ours noir d'Asie. Par contre, aucune trace du saola, assombrissant encore plus l'avenir de cette espèce quasi-mythique. Durant la phase de terrain, une quinzaine d'agents locaux du WWF et des parcs naturels de la région ont été formés à la réalisation de prélèvements d'ADNe. De quoi peut-être, à l'avenir, continuer la traque.

> « Les montagnes des Annamites renferment une foule d'espèces animales toutes plus rares et méconnues les unes que les autres. »

© Jean-Baptiste Decotte

*It is one of the most secret jungles of the world. The Annamese Mountains, or the Annamite Range, which runs between Vietnam and Laos, harbours a vast number of animal species, each one rarer and more unknown than the last. First up is the saola, a species of cattle that could be mistaken for an antelope. Discovered in 1992, scientists only know of it from a few images and one saola caught by villagers in 2010 that died within a few days. Its next sighting in the Annamese Mountains did not occur until 2013, when the saola was observed with the camera traps of a WWF team. During two expeditions, scientists gathered eDNA samples from rivers, ponds and lakes in the region in an effort to follow the tracks of the last saolas and identify other rare species. Conditions were often difficult: vegetation was dense, leeches were everywhere and there was even a typhoon. In the end, the samples revealed the presence of several rare species, such as the giant muntjac – a critically endangered deer – and the Asian black bear. However, there was no trace of the saola, casting an even darker shadow over the future of this almost mythical species. During the fieldwork, some 15 local WWF and regional natural park officials were trained in how to collect eDNA samples. This will help them to continue tracking in the future.*



© Jean-Baptiste Decotte

# SÉNÉGAL
# LA REDÉCOUVERTE D'UN FLEUVE

## // SENEGAL – THE REDISCOVERY OF A RIVER //


© Jean-Baptiste Decotte

Les lieux les plus fréquentés ne sont pas forcément les plus étudiés. Au Sénégal, villes et villages se succèdent le long des 300 kilomètres du fleuve Casamance. Pour autant, la faune variée qui peuple ces eaux n'est finalement que peu connue, malgré bon nombre d'espèces emblématiques : dauphins, loutres, crocodiles du Nil, et le très menacé lamantin. En juillet 2018, une équipe composée de quatre Français et de six Sénégalais a ainsi remonté la Casamance sur ses 200 premiers kilomètres pour prélever de l'eau à divers endroits : en plein estuaire, dans de petits bras annexes ou au cœur de la mangrove. La mission a permis de recenser une grande diversité de poissons et d'observer leur répartition, avec des communautés très différentes selon les zones. Parmi les dizaines d'espèces de poissons, mais aussi de mammifères, d'amphibiens et d'oiseaux ainsi identifiées, des traces d'ADN de lamantin ont été révélées dans une zone où l'espèce était réputée disparue. Enfin, l'un des objectifs de la mission consistait également à tester la méthode sur un site particulièrement vaste, malgré une équipe et des moyens réduits. Pari gagné !

> « Parmi les dizaines d'espèces de poissons, mais aussi de mammifères, d'amphibiens et d'oiseaux ainsi identifiées, des traces d'ADN de lamantin ont été révélées dans une zone où l'espèce était réputée disparue. »

---

*The most frequented sites are not necessarily the most studied. In Senegal, towns and villages exist along the 300 kilometres of the Casamance River. And yet little is known about the varied fauna that lives in these waters, despite there being many emblematic species including dolphins, otters, Nile crocodiles and the greatly endangered manatee. In July 2018, a team comprised of four French and six Senegalese travelled up the first 200 kilometres of the Casamance to collect water samples from various locations: in the middle of the estuary, in side channels and in the heart of the mangrove. The mission enabled us to identify a great diversity of fish and observe their distribution, with widely differing communities observed in different zones. Among the dozens of species of fish, as well as mammals, amphibians and birds thus identified, traces of manatee DNA were found in an area where the species was thought to have disappeared. Lastly, one of the aims of the mission was to test the method in a particularly vast site, despite the small team and meagre means. The gamble paid off!*

# KINABATANGAN BIODIVERSITÉ ET HUILE DE PALME

## // KINABATANGAN – BIODIVERSITY AND PALM OIL //

Le long du fleuve Kinabatangan, sur la partie malaisienne de l'île de Bornéo, les forêts sauvages encore préservées sont aujourd'hui entrecoupées par de vastes plantations de palmiers à huile. Autre menace sur la fragile faune de l'île : *Chitala ornata*, une espèce invasive de poissons carnivores qui se répand à grande vitesse dans la région. Pour mesurer les impacts de ces bouleversements sur la biodiversité locale, la mission s'est déroulée, pendant la saison sèche, tant sur les portions du fleuve les plus préservées, que dans les zones impactées par l'industrie de l'huile de palme. L'objectif était de comparer les communautés de poissons et de relever la présence de mammifères rares et d'espèces invasives sur ces territoires. Sans surprise, là où les palmiers ont pris le pas sur la forêt, les échantillons collectés se sont avérés bien plus pauvres en espèces… Si les sites préservés ont révélé grâce à l'ADNe la présence de nombreux mammifères (deux espèces de loutres, des éléphants d'Asie, une espèce rare de pangolin…), certains manquent à l'appel, comme l'emblématique orang-outan. Pour l'heure, l'équipe espère pouvoir effectuer une autre expédition sur place, en saison des pluies, pour tenter d'accéder à un maximum de sites et ainsi obtenir une vision plus globale de la biodiversité présente. Et peut-être détecter, cette fois, des traces d'ADN du grand singe au pelage roux.

*« Là où les palmiers ont pris le pas sur la forêt, les échantillons collectés se sont avérés bien plus pauvres en espèces… »*

---

*Along the Kinabatangan River, in the Malaysian part of Borneo, the island's remaining wild forests are currently broken up by vast palm oil plantations. Another threat to the island's fragile fauna is the* Chitala ornata, *an invasive species of carnivorous fish that is spreading rapidly through the region. To measure the impacts of these disruptions on local biodiversity, an expedition has managed, during the dry season, to access both the best preserved sections of the river and the zones most heavily impacted by the palm oil industry. The aim was to compare fish communities and detect the presence of invasive species and rare mammals in this region. Unsurprisingly, in the areas where palm oil plantations have taken over from natural forest, the samples collected turned out to be much poorer in species. Although some preserved sites revealed thanks to eDNA the presence of many mammals (e.g. two species of otter, Asian elephants and a rare species of pangolin), some were missing, such as the emblematic orangutan. Right now the team is hoping to launch another expedition, during the rainy season this time, in order to access as many sites as possible and obtain a better overall view of the biodiversity present. And perhaps this time, they will pick up traces of DNA from the highly-symbolic great ape with a red coat.*


**Orang-outan** / *Orangutan*



© Jean-Baptiste Decotte

# BEAUVAL NATURE

Baptiste MULOT (Beauval Nature)

L'association Beauval Nature (pour la Conservation et la Recherche) a été créée en 2009 par le ZooParc de Beauval. Elle a pour but de mettre en œuvre, de développer et de soutenir des actions de conservation in situ et des programmes de recherche visant à mieux connaître et protéger la biodiversité. En 2020, ce sont près de 50 programmes de conservation et 30 programmes de recherche qui ont été soutenus et/ou gérés, pour un budget global de 1,2 million d'euros.

Beauval Nature travaille étroitement avec l'Association Française des Parcs Zoologiques (AFdPZ), l'Association Européenne des Zoos et Aquariums (EAZA) et l'Association Mondiale des Zoos et Aquariums (WAZA). Elle est aussi un partenaire privilégié de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) dont elle sponsorise la « Commission de Survie des Espèces ». Elle est ainsi impliquée dans la réflexion sur la conservation intégrée des espèces suivant le modèle One Plan Approach de l'UICN.

## UN PARTENARIAT AVEC SPYGEN DEPUIS 2012

Beauval Nature a commencé à collaborer avec SPYGEN en 2012, d'abord dans le cadre d'un programme de conservation des amphibiens de Sologne, puis d'un projet de recherche portant sur l'ours brun en Russie. Depuis 2016, l'association a participé à plusieurs expéditions scientifiques mettant en œuvre l'ADNe, au Sénégal, en Malaisie, au Laos, au Vietnam, etc.

Beauval Nature apporte aujourd'hui un soutien financier au projet Vigilife mais surtout un important réseau mondial d'acteurs de la conservation : zoos, ONGs, associations, etc. Par son implication historique et par la spécificité de sa place dans le monde de la conservation, Beauval Nature est un des membres fondateurs de Vigilife.

---

*The Beauval Nature Association (for conservation and research) was set up in 2009 by the ZooParc de Beauval. Its goal is to roll out, develop and support in situ conservation measures and research programmes in order to better understand and protect biodiversity. In 2020 it supported and/or ran nearly 50 conservation programmes and 30 research programmes to the tune of €1.2 million.*

*Beauval Nature works closely with the French Association of Zoological Parks (AFdPZ), the European Association of Zoos and Aquariums (EAZA) and the World Association of Zoos and Aquariums (WAZA). It is also a special partner of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) and a sponsor of its Species Survival Commission. It is thus involved in the reflection on the integrated conservation of species following the One Plan Approach model of the IUCN.*

## A PARTNERSHIP WITH SPYGEN SINCE 2012

*Beauval Nature began working with SPYGEN in 2012, first as part of a conservation programme for Sologne amphibians and then in a research project on brown bears in Russia. Since 2016 the association has taken part in several scientific expeditions using eDNA in Senegal, Malaysia, Laos, Vietnam, etc.*

*Beauval Nature now provides financial support to the Vigilife project and, more importantly, lends its substantial conservation network to the cause: zoos, NGOs, associations, etc. Because of its long-standing involvement and special role in the conservation world, Beauval Nature is one of the founding members of Vigilife.*


Casamance 2018

© Vincent Premel

# ANTARCTIQUE
# SUR LES TRACES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

## // THE ANTARCTICA – TRACKING CLIMATE CHANGE //

Durant un an, Greenpeace a traversé l'océan Atlantique, du nord au sud, dans une série de missions intitulée « Pole to Pole », pour mieux comprendre les menaces pesant sur la biodiversité marine. Partie de l'Arctique, l'ONG a terminé son périple en Antarctique début 2020, en déployant pour la première fois sur ce territoire des protocoles autour de l'ADNe. Les prélèvements d'eau de mer - en surface et en profondeur - ont été effectués à partir de petites embarcations pneumatiques dans des conditions météo particulièrement changeantes, faisant craindre à tout moment un vent violent et des vagues susceptibles de renverser le canot et ses occupants. Cette étude avait pour but de tester une hypothèse simple : alors que l'Atlantique Sud a connu des records de température en cet été austral 2020, des espèces de mammifères marins ou de poissons évoluant jusqu'ici plus au nord ne descendraient-elles pas désormais jusqu'en Antarctique pour y trouver refuge ? Une réactualisation des aires de répartition géographique de nombreuses espèces pourrait alors émerger, amenant des bouleversements sur cet écosystème fragile mais aussi de nouveaux enjeux de conservation. Les résultats, qui seront communiqués début 2021, pourraient donner le statut de "refuge climatique" à l'Antarctique et ainsi accélérer son niveau de protection face à la pêche.

> *« Les résultats pourraient donner le statut de "refuge climatique" à l'Antarctique et ainsi accélérer son niveau de protection face à la pêche. »*

*Over the space of a year, Greenpeace crossed the Atlantic Ocean from north to south in a series of missions entitled "Pole to Pole" to better understand the threats hanging over marine biodiversity. Starting from the Arctic, the NGO ended its voyage in the Antarctica in early 2020, applying eDNA protocols there for the first time. Samples of seawater – from near the surface and at depth – were collected from small inflatables in particularly changeable weather conditions; it was feared that the strong winds and waves would capsize the boats and endanger their occupants. The aim of the study was to test the simple hypothesis that record high temperatures in the South Atlantic during the austral summer 2020 would cause marine fish and mammals which are normally found in more northern waters to venture as far as the Antarctica to seek climate refuge. This could lead to changes in the geographic distribution of many species, creating upsets in this fragile ecosystem and new conservation challenges. The results, which will be released in early 2021, could confer a "climate sanctuary" status to the Antarctica. This would increase its level of protection against fishing.*



© Abbie Trayler-Smith - Greenpeace




© Daniel Beltrá - Greenpeace



© Abbie Trayler-Smith - Greenpeace

# ÎLES ÉPARSES
# TRÉSORS INSULAIRES

## // THE SCATTERED ISLANDS - ISLAND TREASURES //

En avril 2019, le célèbre navire Marion Dufresne entreprenait un tour des îles Éparses, cinq îles françaises dispersées autour de Madagascar et dépourvues d'habitants permanents. À son bord, une douzaine de biologistes et de plongeurs venus étudier les communautés de poissons évoluant autour de ces récifs particulièrement isolés. Outre les plongées et les captures de poissons, l'équipe a aussi misé sur l'ADNe, avec des prélèvements d'eau de mer en surface et d'autres en grandes profondeurs, afin de mesurer le niveau de biodiversité de ces sites uniques. Aux abords de chaque île étudiée, un système de six bouteilles étanches descendues par un treuil a permis de collecter des échantillons à différentes profondeurs. Le même procédé a été également déployé jusqu'à 1000 mètres de fond au niveau de canyons sous-marins : des reliefs du fond océanique abritant des écosystèmes aussi riches que méconnus. Si les résultats de ces différents prélèvements restent encore à détailler, les équipes ont eu la surprise de trouver des échantillons bien plus riches qu'escompté en biodiversité de poissons dans des zones aussi profondes. Reste à découvrir quelles espèces précisément peuplent ces profondeurs d'apparence peu propices à la vie mais qui constituent sûrement des refuges sous-estimés face aux pressions de pêche et au changement climatique.

> *« Les équipes ont eu la surprise de trouver des échantillons bien plus riches qu'escompté en biodiversité de poissons dans des zones aussi profondes. »*

*In April 2019, the famous Marion Dufresne research and supply vessel headed for the Scattered Islands. These five French islands dotted around Madagascar have never had a permanent population. On board the vessel were a dozen biologists and divers who had come to study the fish community in the particularly isolated reefs in the area. The team was banking not only on diving and catching fish, but also on using eDNA found in water samples collected on the surface and at depth to measure biodiversity levels in these unique sites. A system was set up around each island in which six watertight bottles were winched into the water so that samples could be collected at different depths. Using the same procedure, samples were taken at depths of 1,000 meters in submarine canyons, ocean-floor reliefs home to rich ecosystems that we still know little about. While the results of these various samples have yet to be fully analysed, the teams were surprised to see a much richer diversity of fish than they had expected in such deep zones. It remains to be seen exactly which species inhabit these depths; although they do not appear to be particularly hospitable, they undoubtedly provide under-appreciated refuges from the pressure of fishing and climate change.*



# LENGGURU À LA DÉCOUVERTE D'UN DERNIER ÉDEN

## // LENGGURU - DISCOVERING A LAST EDEN //

En 2010 et 2014, deux missions scientifiques de grande ampleur partaient découvrir la biodiversité du massif de Lengguru, situé dans la partie indonésienne de l'île de Nouvelle-Guinée. Rien de moins que l'une des dernières régions inexplorées au monde, mais aussi l'une des plus riches en matière de biodiversité et d'endémisme. Après ces missions essentiellement terrestres, une troisième expédition franco-indonésienne s'est focalisée, en 2017, sur la faune marine peuplant ce littoral, notamment grâce à l'ADNe. Dans ces régions si rarement étudiées, seulement 20 % des espèces de poissons connues localement avaient été séquencées et disposaient donc d'un « code-barre » génétique de référence. Après 6 semaines et 409 plongées, ce pourcentage a été doublé grâce aux spécialistes présents sur le terrain, identifiant et séquençant chaque poisson ou invertébré marin rencontré. Le tout, en découvrant par la même occasion plusieurs dizaines d'espèces encore inconnues. Du côté de l'ADNe, les prélèvements ont permis de détecter près de 400 espèces de poissons récifaux, issus d'une centaine de familles. Une belle réussite, au regard de la difficulté des conditions d'intervention : dans cette région grande comme la Sardaigne mais quasiment vierge de toute présence humaine, il a fallu s'entasser sur un bateau Indonésien, en totale autonomie pendant les six semaines d'expédition. Une preuve grandeur nature que les protocoles ADNe peuvent être déployés dans les zones les plus reculées du monde et révéler, en un mois, un niveau de biodiversité exceptionnel. Cette collaboration scientifique franco-indonésienne se poursuit avec la volonté d'accompagner les indonésiens à disposer à moyen-terme des infrastructures et compétences adaptées pour réaliser des expertises ADNe.


© IRD - Jean-Marc Porte

*In 2010 and 2014, two large-scale scientific expeditions set out to explore the biodiversity of the Lengguru mountain range, located in the Indonesian part of the island of New Guinea. This arguably is one of the last unexplored regions of the world, and also one of the richest in terms of biodiversity and endemism. After these mainly terrestrial missions, a third Franco-Indonesian expedition, in 2017, focused on the marine fauna populating the coastline, and eDNA played a major role. In such rarely-studied regions, only 20% of locally-known species had been sequenced and, therefore, had a genetic "barcode" of reference. After 6 weeks and 409 dives this percentage was doubled, thanks to experts on board who identified and sequenced each fish or marine invertebrate they came across. At the same time they discovered several dozen hitherto unknown species. On the eDNA front, the samples collected enabled nearly 400 species of reef fish, from some 100 families, to be identified. This was a great success given that conditions were sometimes far from ideal; in a region the size of Sardinia but almost entirely free from any human presence, the team had to squeeze into an Indonesian boat and be completely autonomous for the six weeks the expedition lasted. This was full-scale proof that eDNA protocols can be implemented in the remotest corners of the world and, in little over a month, detect an exceptionnal biodiversity. This French-Indonesian scientific collaboration is ongoing with the aim of capacity buiding for Indonesians counterparts: to benefit in the medium term from the appropriate infrastructures and skills to carry out eDNA expertises.*

# GOMBESSA 5
# EXPLORER LES PROFONDEURS

## // GOMBESSA V - EXPLORING THE DEPTHS //


© Laurent Ballesta

Inédite. Hors-norme. Extrême. Les superlatifs ne manquent pas pour qualifier “Planète Méditerranée”, la dernière expédition *Gombessa* d’Andromède Océanologie menée par Laurent Ballesta. Jusqu’ici, ce spécialiste des plongées profondes ne pouvait passer que quelques minutes à 120 mètres de profondeur, au prix de paliers de décompression de plusieurs heures.

> « Les chercheurs vont tester l’hypothèse des refuges profonds face aux changements climatiques et à la pêche. »

En combinant avec succès les moyens de la plongée à saturation et les techniques de plongée autonome en recycleur, l’équipe de *Gombessa* a su contourner le problème. Pendant près d’un mois, Laurent Ballesta et ses trois acolytes ont ainsi vécu dans les 10 m² de la station installée sur une barge naviguant en Méditerranée, de Marseille à Monaco. Une tourelle sous pression, faisant office d’ascenseur, leur permettait de rejoindre les profondeurs, pour des plongées exceptionnelles de plusieurs heures par jour, sans palier de décompression. Parmi les nombreux protocoles scientifiques mis en place pour cette mission, un prototype de pompe dédiée aux prélèvements d’ADNe a été confié aux plongeurs afin de recueillir, pour la première fois, des échantillons au plus près des habitats profonds (gorgones, coralligène...). Grâce à ces données uniques, les chercheurs vont tester l’hypothèse des refuges profonds face aux changement climatiques et à la pêche, dans une région parmi les plus impactées au monde.

*Unprecedented. Extraordinary. Extreme. There is no lack of superlatives to describe “Planète Méditerranée”, the latest of Laurent Ballesta’s Andromède Océanologie Gombessa expeditions. Until this expedition, the deep sea diving expert could only spend a few minutes at a depth of 120 metres by going through an ascent lasting several hours to avoid the bends. Team Gombessa has circumvented this problem by successfully combining saturation diving with closed circuit rebreather scuba diving. Laurent Ballesta and his three companions were thus able to spend almost a month in the 10 m² of the saturation station installed on a barge as it sailed the Mediterranean from Marseille to Monaco. A pressurised “turret” served as a lift, enabling them to descend to the depths for incredible dives lasting several hours a day, without the need for decompression. Among the numerous scientific protocols implemented, the divers were given a special prototype pump for collecting eDNA samples. This enabled them to gather samples as close as possible to gorgonian, coralligenous and other deep water habitats. Thanks to this unique data, researchers will be able to test the hypothesis that the deep sea serves as a sanctuary in the face of climate change and evolutions in fishing practices, in a region that is among the most severely impacted in the world.*

Thibault Rauby, Antonin Guilbert, Yanick Gentil et Laurent Ballesta

© Laurent Ballesta

© Laurent Ballesta

# LES EXPLORATIONS DE MONACO

## // THE MONACO EXPLORATIONS //

Gilles BESSERO, Didier THERON & Magali BOUSSION (Explorations de Monaco)



### EXPLORER, CONNAÎTRE, AIMER ET PROTÉGER LES MERS ET OCÉANS : UNE TRADITION MONÉGASQUE

L'exploration des océans s'inscrit dans l'histoire de la Principauté de Monaco depuis les travaux menés dès la fin du XIXème siècle par le Prince Albert Ier de Monaco (1848-1922), pionnier de l'océanographie moderne. Entre 1885 et 1915, au cours de 28 campagnes menées en Méditerranée et dans l'Atlantique Nord, à bord de ses quatre navires l'Hirondelle I et II et la Princesse Alice I et II, celui qui fut surnommé le « Prince navigateur » ou « Prince savant », échantillonna la faune marine jusqu'à plus de 6 000 mètres de profondeur. Testant sans cesse de nouvelles techniques d'exploration du monde marin, il contribue alors par ses travaux à démontrer l'existence de la vie dans les grandes profondeurs et à révéler la biodiversité marine. Durant ses expéditions, le Prince Albert Ier va découvrir de nombreuses nouvelles espèces. Certaines ont été nommées en hommage à la famille Grimaldi (dont sont issus les Princes de Monaco), comme le fameux poisson *Grimaldichtys profondissimus* ou le mystérieux calmar à écailles, *Lepidotheutis grimaldii.*

Le discours visionnaire et engagé du Prince Rainier III de Monaco (1923-2005) au premier sommet de la Terre de Rio, en 1992, reste dans les mémoires. Le règne du « Prince bâtisseur », associé à l'aventure de la *Calypso* et à la personnalité du célèbre commandant Jacques-Yves Cousteau (directeur du Musée océanographique de Monaco de 1957 à 1988), sera marqué par un engagement politique fort, tourné vers la protection de la Méditerranée et la lutte contre la pollution des mers et des océans avec, entre autres, la signature de l'accord RAMOGE en 1976 et la création du sanctuaire *Pelagos* en 1999.

L'engagement actuel de S.A.S. le Prince Albert II de Monaco pour l'Océan renforce le lien puissant qui unit la Principauté au milieu marin et amplifie son rayonnement international. En 2017, il a initié un nouveau cycle d'expéditions menées à travers le monde avec les « Explorations de Monaco ». Cette plateforme vient soutenir les actions des institutions monégasques et mobilise des partenaires internationaux par des missions collectives et pluridisciplinaires qui articulent recherche scientifique, médiation auprès des publics et coopération gouvernementale. Le déploiement de la technique de l'ADN environnemental (ADNe) y a trouvé naturellement sa place pour améliorer le suivi et la connaissance de la faune marine, principalement les vertébrés. Cette technique a été mise en œuvre par l'équipe scientifique internationale « Mégafaune » – membre de l'alliance Vigilife – sur la plupart des sites visités par les Explorations de Monaco (Colombie, Guadeloupe, Martinique, Méditerranée occidentale, Nouvelle-Calédonie, etc.).

### DES RÉSULTATS PROMETTEURS ET DES COLLABORATIONS SCIENTIFIQUES DURABLES

Les analyses ADN réalisées à partir des prélèvements d'eau de mer ont démontré tout le potentiel de la technique de l'ADNe et ont permis d'effectuer de nombreuses découvertes. Parmi elles, l'identification de plus de 100 espèces de poissons lors des récentes missions menées sur les récifs coralliens des Caraïbes (soit autant qu'en 20 ans de plongée sous-marine et de recensement visuel) et la détection de nombreux animaux rares, tels que le cachalot nain près de l'île de Malpelo. Tous ces travaux ont permis de mettre en place de solides collaborations scientifiques à l'échelle internationale. L'une d'entre elles se traduira, dès 2021, par l'installation d'un laboratoire ADNe Vigilife en Colombie.

### DE NOUVEAUX DÉFIS À RELEVER DANS L'OCÉAN INDIEN

Les prochaines expéditions envisagées par les Explorations de Monaco, notamment dans l'océan Indien en partenariat avec l'île Maurice et les Seychelles, devraient permettre l'exploration des grandes profondeurs pour y localiser de nouvelles espèces parmi les plus menacées au monde, mais aussi de nouveaux habitats. Ces expéditions pourraient aboutir à la mise en place d'un réseau de surveillance pérenne de la biodiversité de l'océan Indien dans le cadre de Vigilife.

L'ensemble de ces actions ont vocation à contribuer à la « Décennie des Nations Unies pour les sciences

océaniques au service du développement durable » qui a été lancée en janvier 2021 avec l'ambition de mobiliser « les sciences dont nous avons besoin pour les océans que nous voulons ».

## EXPLORING, UNDERSTANDING, CHERISHING AND PROTECTING THE SEAS AND OCEANS: A MONEGASQUE TRADITION

*Exploring the oceans has been part of the history of the Principality of Monaco since the work undertaken at the end of the 19th century by Prince Albert Ist of Monaco (1848-1922), a pioneer in modern oceanography. From 1885 to 1915, he carried out 28 expeditions in the Mediterranean and the North Atlantic, on board his four ships: Hirondelle I and II and Princesse Alice I and II. Known as the «Prince Navigator» or the «Prince Scientist», he took samples of marine fauna at depths of up to 6,000 metres. Prince Albert Ist was constantly testing new techniques for exploring the marine world. His work helped prove that life exists far below the surface of the water and revealed much about marine biodiversity. During his expeditions, Prince Albert Ist discovered many new species, some of which were named in honour of the Grimaldi family (Monaco's royal family), such as the famous fish* Grimaldichtys profondissimus *and the mysterious scaled squid* Lepidotheutis grimaldii.

*Prince Rainier III of Monaco (1923-2005) gave a visionary and impassioned speech at the first Earth Summit in Rio in 1992 – a speech that has not been forgotten. The reign of the «Prince Builder», together with the Calypso adventure and the boat's charismatic and famous captain Jacques-Yves Cousteau (director of Monaco's Oceanographic Museum from 1957 to 1988), was marked by a strong political commitment to protect the Mediterranean and combat sea and ocean pollution. This policy led to the signing of the RAMOGE Accord in 1976 and the creation of the Pelagos sanctuary in 1999.*

*The commitment of Monaco's current sovereign, Prince Albert II, to the Ocean reinforces the powerful bond that unites the principality and the marine world, and strengthens the principality's international influence. In 2017, His Serene Highness initiated a new series of expeditions around the world: Monaco Explorations. This platform supports the activities of Monegasque institutions and mobilises international partners through joint missions linking scientific research, public outreach and governmental cooperation. The use of environmental DNA (eDNA) techniques has a natural home here, as it can improve the monitoring and knowledge of marine fauna, mainly vertebrates. This technique has been implemented by the "Megafauna" international scientific team – member of the Vigilife alliance – in most of the sites visited as part of Monaco Explorations (e.g. Colombia, Guadeloupe, Martinique, the Western Mediterranean and New Caledonia).*

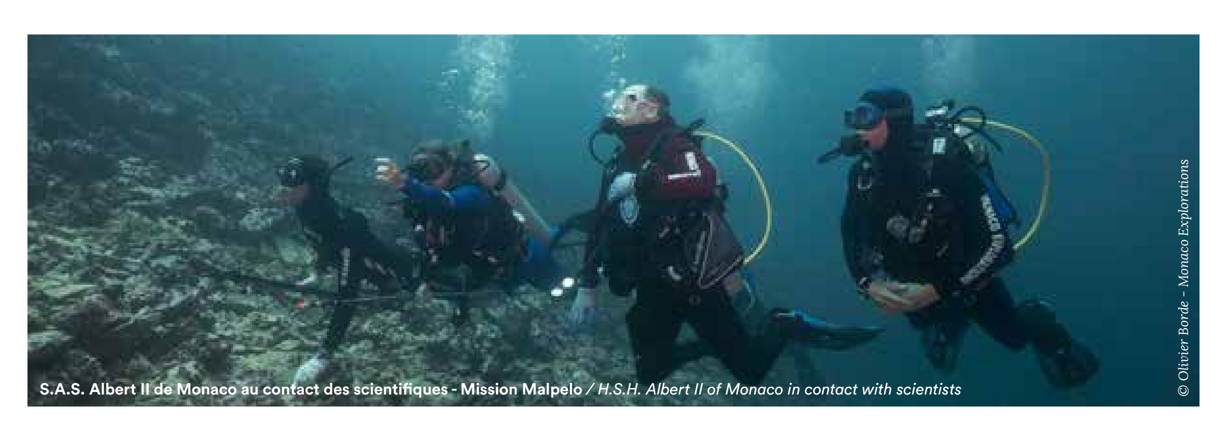
## PROMISING RESULTS AND LASTING SCIENTIFIC COLLABORATIONS

*DNA tests carried out on seawater samples have demonstrated the enormous potential of the eDNA technique and have led to numerous discoveries. These include the identification of more than 100 species of fish during recent missions to the Caribbean coral reefs (as many as in 20 years of scuba diving and visual inventories) and the detection of many rare animals, such as the dwarf sperm whale near Malpelo Island. All this work has led to strong scientific collaborations on an international scale. One such collaboration means that Colombia will lead to a Vigilife eDNA laboratory in Colombia from 2021.*

## NEW CHALLENGES IN THE INDIAN OCEAN

*The next expeditions planned by Monaco Explorations, especially those in the Indian Ocean in partnership with Mauritius and Seychelles, should enable exploration of the deep sea to locate new species that are among the most endangered species worldwide, as well as new habitats. These expeditions could result in the formation of a lasting biodiversity monitoring network for the Indian Ocean within the framework of Vigilife.*

*The purpose of all these initiatives is to contribute to the "United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development", which was launched in January 2021 with the aim of mobilising "the science we need for the oceans we want".*



**S.A.S. Albert II de Monaco au contact des scientifiques - Mission Malpelo** / *H.S.H. Albert II of Monaco in contact with scientists*

© Olivier Borde - Monaco Explorations



Río Don Diego, Sierra Nevada de Santa Marta



REPORTAGES

# COLOMBIE AU CŒUR DE LA BIODIVERSITÉ

## // COLOMBIA - AT THE HEART OF BIODIVERSITY //

Andrea POLANCO (INVEMAR)
Loïc PELLISSIER (ETHZ / WSL)
Camille ALBOUY (IFREMER)
Régis HOCDE (IRD)
Pierre JORCIN (SPYGEN)


Parque Nacional Natural Los Nevados

## RICHESSES INSOUPÇONNÉES

Accolée au géant brésilien et à ses millions de kilomètres carrés de forêt amazonienne, non loin du Costa Rica, véritable sanctuaire pour la biodiversité, la Colombie n'apparaît pas à première vue comme un pays particulièrement riche en ressources naturelles et en biodiversité. Et pourtant ! Faisant partie des 17 pays « mégadivers » (pays les plus riches au monde en nombre d'espèces), la Colombie serait même le pays concentrant le plus grand nombre d'espèces au kilomètre carré : une espèce sur dix se trouverait ainsi en Colombie ! On y trouve, entre autres, plus d'espèces d'oiseaux, de papillons ou encore d'orchidées que dans n'importe quel autre pays de la planète. Parmi les plus de 50 000 espèces animales et végétales officiellement recensées dans le pays, environ 9 000 sont endémiques, n'existant nulle part ailleurs sur la planète. Des chiffres qui ne cessent d'augmenter au fil des découvertes.

> *« La Colombie serait même le pays concentrant le plus grand nombre d'espèces au kilomètre carré. »*

En 2018, la minuscule grenouille *Hyloscirtus japreria* – à peine trois centimètres ! – rejoignait ainsi la longue liste des batraciens de Colombie. En 2015, c'est une autre curieuse grenouille aux sourcils jaunes (*Pristimantis macrummendozai*), dont les replis de peau lui permettent de retenir l'humidité, qui était découverte dans les hauteurs colombiennes de la Cordillère des Andes. Les mammifères ne sont pas en reste. En 2013, des analyses génétiques prouvèrent que l'olinguito, un petit mammifère omnivore parfois appelé « chat-ours », était bel et bien une espèce à part entière.

Pour expliquer une telle diversité de faune et de flore, il faut se pencher sur la grande variété de paysages, et donc d'écosystèmes, de la région. Quatrième plus grand pays d'Amérique du Sud, la Colombie s'étend des Andes au bassin amazonien. À l'ouest, les milieux marécageux du Panama s'y prolongent, abritant des espèces typiques d'Amérique centrale, tandis que s'étendent au sud-est les frontières de la forêt amazonienne. Les Andes colombiennes apportent quant à elles une biodiversité d'altitude unique, comme le célèbre condor des Andes, plus grand rapace au monde avec son envergure dépassant les trois mètres. Enfin, les tepuys – hauts plateaux tabulaires aux falaises abruptes – permettent d'accroître le nombre d'espèces endémiques, isolées depuis longtemps de leurs congénères restés dans la forêt au pied de ces falaises.

Mais l'immense biodiversité colombienne ne peut s'expliquer uniquement par ses richesses terrestres. Avec près d'un million de kilomètres carrés d'eaux territoriales et 3 000 kilomètres de côtes, la Colombie est également une nation maritime. Elle est d'ailleurs le seul pays d'Amérique du Sud à donner à la fois sur le Pacifique, à l'ouest, et sur la mer des Caraïbes, au nord. La diversité d'habitats côtiers et insulaires du pays héberge ainsi un nombre exceptionnel d'espèces marines, avec une grande diversité de mammifères marins, de poissons et d'invertébrés aquatiques. Un autre immense territoire pour explorer, notamment à l'aide de l'ADN environnemental (ADNe), l'exceptionnelle biodiversité colombienne dont il reste tant à découvrir.


*Dendrobates truncatus*,
**grenouille endémique de Colombie** / *Colombian endemic frog*

© Manuel Spescha


Caño cristales

## UNEXPECTED RICHES

*Overshadowed by its neighbour Brazil, with its millions of square kilometres of Amazonian Rainforest, and not far from Costa Rica, a true sanctuary for flora and fauna alike, Colombia does not at first strike many as a country particularly rich in natural resources and biodiversity. And yet! Not only is it one of the 17 "megadiverse" countries (those with the greatest number of species in the world), Colombia also has the greatest number of species per square kilometre, and one in 10 of all species on Earth is found there! Here you will find more species of birds, butterflies and orchids than in any other country on the planet. Among the more than 50,000 animal and plant species officially recorded in Colombia, some 9,000 are endemic, meaning that they are found nowhere else. The numbers keep going up as more discoveries are made.*

*In 2018, the tiny frog* Hyloscirtus japreria *– barely three centimetres in size – joined the long list of batrachians to be found in Colombia. In 2015, another curious frog,* Pristimantis macrummendozai, *with yellow eyebrows and folds of skin that help it retain moisture, was discovered at high elevations in the Colombian Andes. And mammals are not to be outdone. In 2013, genetic analysis demonstrated that the olinguito, a small, omnivorous mammal sometimes called a "bear-cat", is indeed a species in its own right.*

*To understand why there is such a diversity of flora and fauna, we need to examine the great variety of landscapes – and therefore ecosystems – in the region. The fourth biggest country in South America, Colombia stretches from the Andes to the Amazon Basin. To the west is the tail end of Panama's wetlands, home to species typical of Central America, while in the south-west we find the borders of the Amazon Rainforest. As for the Colombian Andes, they add unique, high-elevation biodiversity, such as the famous Andean condor, the biggest bird of prey in the world, with a wingspan of more than three metres. Lastly the tepuis – table-top mountains with sheer drops – play their part in upping the country's number of endemic species, as creatures there have long been isolated from those that remained in the forests at the foot of these cliffs.*

*But Colombia's great biodiversity cannot be explained by its terrestrial riches alone. With close to a million square kilometres of territorial waters and a coastline 3,000 kilometres in length, Colombia is also a maritime nation. What's more, it is the only South American country that opens onto both the Pacific Ocean to the west and the Caribbean Sea to the north. Its many coastal and insular habitats provides shelter for an incredible number of marine species, with a huge diversity of marine mammals, fish and aquatic invertebrates. It is a massive playground for tracking Colombia's exceptional biodiversity – much of which is yet to be discovered – using environmental DNA (eDNA).*


Parque Nacional Natural Tayrona

## ÉTUDIER POUR MIEUX PROTÉGER

Renfermer d'exceptionnels trésors naturels est une chose, les protéger en est une autre. Si le patrimoine biologique est bien reconnu par les autorités comme une richesse importante devant être prise en compte dans leurs stratégies de développement, dans les faits, cette volonté se heurte bien souvent à la réalité du terrain et aux enjeux socio-économiques. Première menace pour la biodiversité colombienne, et non des moindres : la déforestation. Celle-ci ne cesse de progresser depuis plusieurs années, qu'elle soit liée à l'exploitation du bois, à l'ouverture de nouvelles mines ou plus simplement à l'accession à de nouvelles terres pour l'agriculture et l'élevage. La Colombie a néanmoins récemment mis en place une politique ambitieuse pour limiter la déforestation et restaurer sa surface forestière.

> *« Avant de préserver, il faut en effet savoir ce qu'il y a à protéger… »*

À cette déforestation massive provoquant perte de biodiversité, envasement et pollution des rivières, s'ajoute le problème des incendies. Rien que pour l'année 2019, plus de 2 200 feux de forêts ont été enregistrés en Colombie. Le triste record de ces vingt dernières années. En cause : le changement climatique et les températures extrêmes connues cette année-là, mais aussi les brûlis effectués pour les terres agricoles. Il existe d'autres menaces importantes : les atteintes directes à la faune. On compte parmi elles le braconnage, le trafic d'animaux visant des espèces emblématiques comme le tamarin à crête blanche ou bien encore le perroquet à tête bleue, ainsi que les problèmes de surpêche et de perte d'habitats au niveau des écosystèmes marins.

Heureusement, des solutions existent pour préserver les nombreuses richesses naturelles du pays. Une gestion territoriale optimisée peut être envisagée en collaboration avec les communautés locales. Il est par exemple possible de favoriser l'agroforesterie dans les plantations de café et de cacao, ou de limiter le tourisme de masse pour mieux contrôler les effets positifs de l'écotourisme sur le pays. Mais trouver l'équilibre entre croissance économique et préservation de l'environnement nécessite avant tout de réaliser un état des lieux de la biodiversité terrestre et marine. Avant de préserver, il faut en effet savoir ce qu'il y a à protéger… Une tâche complexe sur ce territoire immense et si divers, qui peut heureusement aujourd'hui s'appuyer sur l'ADNe. L'outil pourrait s'avérer particulièrement adapté pour établir rapidement un état des lieux de la biodiversité et pour assurer son suivi sur le long terme, afin d'orienter les politiques de conservation. L'ADNe a déjà été testé en Colombie pour inventorier les mammifères, les oiseaux et les poissons, dans le cadre de différentes expéditions récemment menées dans des zones à la biodiversité exceptionnelle, comme Malpelo et la Sierra Nevada de Santa Marta. Des premiers pas prometteurs qui poussent toujours plus la Colombie vers une meilleure connaissance de ses richesses intérieures, un savoir indispensable pour enclencher par la suite leur gestion durable.


Valle del Cocora



## STUDYING IN ORDER TO BETTER PROTECT

*Being home to incredible natural treasures is one thing; protecting them is another. While biological heritage is recognised by authorities as an important richness that should be taken into account in development policies, in practice this good intention often plays second fiddle to the reality on the ground and socio-economic challenges. The primary danger to Colombian biodiversity is deforestation. This problem has grown constantly for several years now, for logging, building new mines, or simply for accessing new land for arable and livestock farming. Colombia has rolled out an ambitious policy to limit deforestation and reclaim its forest cover.*

*Large-scale deforestation not only leads to a loss of biodiversity and the silting up and pollution of rivers, it is also a fire hazard. In 2019 alone, more than 2,200 forest fires were reported in Colombia. That's the highest figure in 20 years. Climate change and extreme temperatures are partly to blame for the recent surge in forest fires, but another culprit is slash-and-burn tactics used to clear land for agriculture. There are also other major threats such as direct attacks on fauna. These include poaching, the trafficking of trophy animals such as the cotton-top tamarin and the blue-headed parrot, and overfishing and the loss of habitats in marine ecosystems.*



*Fortunately, solutions exist for preserving the country's many natural riches. One thing to look at would be improved land management by working with local communities. For example, there are ways of encouraging agroforestry in coffee and cacao plantations and of limiting mass tourism to better control the positive effects of ecotourism on the country. But the first step to finding a balance between economic growth and preserving the environment is to carry out an inventory of land and marine biodiversity. Before you can set about preserving any environment, you need to know what there is within it to protect. It represents a complex task in such a large and diverse country, but fortunately those carrying it out can now use eDNA. This tool could prove to be particularly suitable for drawing up a quick inventory of biodiversity, as well as monitoring it over the long term in order to steer conservation policies in the right direction. eDNA has already been tested in Colombia to catalogue mammals, birds and fish as part of various recent expeditions in zones of exceptional biodiversity, such as Malpelo and the Sierra Nevada of Santa Marta. These are promising first steps, nudging Colombia ever closer to better knowledge of her inner riches - knowledge that is vital to enabling sustainable management.*


**Tamarin à crête blanche** / *Cotton-top tamarin*







Isla de Malpelo

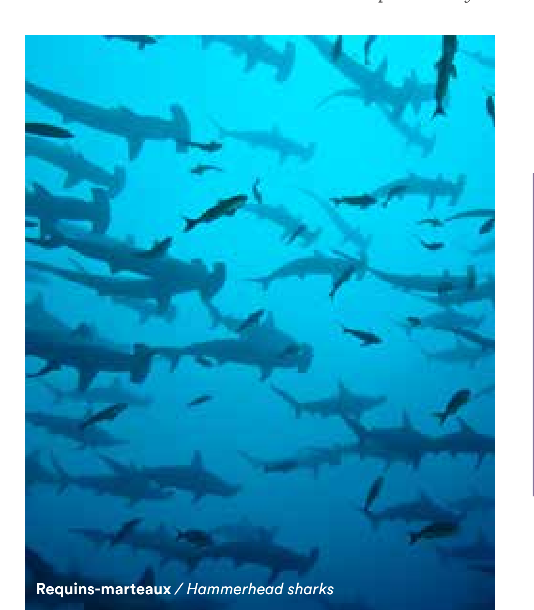
## MALPELO : L'ADNe MIS À L'ÉPREUVE

Vue depuis la surface, l'île de Malpelo apparaît comme un simple rocher aux falaises abruptes, abritant crabes et oiseaux marins. À 400 kilomètres des côtes colombiennes, les véritables trésors de Malpelo se trouvent en réalité sous les vagues. L'île agit comme une véritable oasis de vie, seule terre émergée dans la zone et située à la croisée de plusieurs courants marins. Ce sanctuaire aquatique, déclaré Patrimoine Naturel de l'Humanité par l'UNESCO, accueille une biodiversité marine exceptionnelle, notamment une mégafaune des plus riches : requins-marteaux, thons, cachalots, orques, requins-baleines… Mais l'isolement du site et les courants marins, souvent dangereux autour de l'île, rendent le recensement de cette biodiversité délicat. En 2018, dans le cadre des « Explorations de Monaco », une équipe de recherche internationale a donc tenté d'évaluer l'efficacité de l'ADNe dans cette tâche, en la comparant avec un inventaire effectué par vidéo. Après 25 heures de films enregistrés côté inventaire vidéo, et des prélèvements de centaines de litres d'eau de mer effectués côté ADNe, les résultats sont sans appel : l'ADN environnemental permet de recenser plus d'espèces marines que la vidéo, tout en étant plus rapide à mettre en œuvre. À noter parmi les plus de 80 espèces révélées par les prélèvements ADNe, la présence d'un mammifère marin particulièrement rare : le cachalot nain. Celui-ci n'avait jusqu'ici jamais été observé aux abords de Malpelo.

> *« L'ADN environnemental permet de recenser plus d'espèces marines que la vidéo, tout en étant plus rapide à mettre en œuvre. »*

## MALPELO: eDNA PUT TO THE TEST

*Seen from above, the island of Malpelo looks like a simple rock with sheer cliff faces, home to crabs and sea birds. Some 400 kilometres off the Colombian coast, Malpelo's real treasures are to be found below the waves that lap it. The island is, in fact, a veritable oasis of life - the only land available in the area, it is located at the crossroads of several marine currents. This aquatic sanctuary, declared a natural World Heritage Site by UNESCO, hosts an incredible marine biodiversity, particularly rich in megafauna: hammerhead sharks, tuna, sperm whales, killer whales and whale sharks. But the isolated location of the spot and the often dangerous currents around the island make cataloguing this biodiversity rather tricky. In 2018, as part of the "Monaco Explorations", an international research team set out to assess how useful eDNA could be for this task, compared with an inventory made using video. After hundreds of litres of seawater were collected for eDNA analysis and 25 hours of film were recorded, the results were clear: environmental DNA recorded more marine species than video and was much quicker to carry out. Noteworthy among the 80 species picked up by the eDNA samples was a particularly rare marine mammal: the dwarf sperm whale. It had never previously been spotted around Malpelo.*



Requins-marteaux / *Hammerhead sharks*



**POUR EN SAVOIR PLUS**
**/ *FOR MORE INFORMATION***


Polanco A. et al. 2021. *Comparing environmental DNA metabarcoding and underwater visual census to monitor tropical reef fishes. Environmental DNA.*

Juhel J.B. et al. 2020. *Detection of the elusive Dwarf sperm whale (Kogia sima) using environmental DNA at Malpelo island (Eastern Pacific, Colombia). Ecology and Evolution.*


Parque Nacional Sierra Nevada de Santa Marta

## EXPÉDITION SANTA MARTA : À L'ÉCOUTE DU FLEUVE

La Sierra Nevada de Santa Marta n'est pas un massif montagneux comme les autres. Son sommet le plus élevé, point culminant de la Colombie, constitue avec ses 5 775 mètres d'altitude le plus haut sommet côtier du monde, situé à peine à 45 kilomètres de la mer des Caraïbes. De quoi faire de la Sierra Nevada de Santa Marta un îlot biogéographique bien particulier, séparé du reste de la Cordillère des Andes. Déclarée réserve de biosphère par l'UNESCO, la zone abrite notamment un fort taux d'endémisme, avec 126 espèces de plantes ne vivant nulle part ailleurs sur la planète. On y retrouve par exemple le frailejon arboricole, ainsi que 44 espèces animales endémiques telles que le colibri de Santa Marta. Pour explorer cette biodiversité unique au monde, une expédition s'est appuyée en 2018 sur l'ADNe, concentrant ses efforts sur le Rio Don Diego, l'un des nombreux fleuves traversant le cœur du parc national. À partir de simples prélèvements d'eau effectués le long du fleuve, l'équipe a pu détecter différentes espèces de poissons bien sûr, mais également des animaux volants, oiseaux et chauves-souris, ainsi que des mammifères terrestres comme le tatou, le singe hurleur roux ou le rat arboricole à crête rouge. Cette dernière espèce, qui est en danger critique d'extinction et qui figure parmi les 100 espèces les plus menacées au monde, n'a été redécouverte dans la Sierra Nevada de Santa Marta qu'en 2011, alors qu'elle était considérée comme éteinte, puisque plus observée depuis 1898. Cette expérience confirme que les eaux douces et les fragments d'ADN environnemental qu'elles charrient constituent un formidable outil dans le cadre d'inventaires de biodiversité, et permettent de détecter une très large diversité d'espèces à travers tout l'écosystème.

> *« L'équipe a pu détecter différentes espèces comme le rat arboricole à crête rouge qui figure parmi les 100 espèces les plus menacées au monde… »*

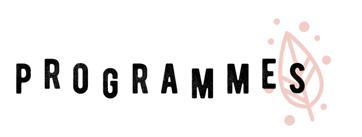
## THE SANTA MARTA EXPEDITION: LISTENING TO THE RIVER

*The Sierra Nevada of Santa Marta is a mountain range like no other. Its highest peak, and the highest in Colombia, rises to 5,775 metres above sea level. Located barely 45 kilometres from the Caribbean Sea, it is the highest coastal summit in the world. This makes the Sierra Nevada of Santa Marta a special biogeographic island, separated from the rest of the Andes mountain range. Declared a UNESCO Biosphere Reserve, this zone has a very high endemic rate, with 126 plant species that are found nowhere else on the planet. Here, for example, we find the frailejon, as well as 44 endemic animal species such as the Santa Marta woodstar hummingbird. In 2018 an expedition set out to explore this unique biodiversity using eDNA, concentrating its efforts on the Rio Don Diego, one of the many rivers that flow through the heart of the national park. Using simple water samples drawn from along the river, the team was able to detect various species of fish of course, but also flying animals, birds and bats, as well as land mammals such as the armadillo, the red howler monkey and the red-crested tree-rat. The latter is in critical danger of extinction and is on the list of the 100 most endangered species in the world. It was only rediscovered in the Sierra Nevada of Santa Marta in 2011 and had been thought to already be extinct, not having been spotted since 1898. This experiment confirmed that freshwater, and the environmental DNA fragments it carries, can be a powerful tool when it comes to cataloguing biodiversity, and enabling us to detect a great diversity of species throughout an entire ecosystem.*


**POUR EN SAVOIR PLUS**
**/ FOR MORE INFORMATION**

*Polanco F.A. et al. 2020. Recovering aquatic and terrestrial biodiversity in a tropical estuary using environmental DNA. Biotropica.*





# 30 FLEUVES SENTINELLES

## // 30 SENTINEL RIVERS //


Marie-Cécile GRISARD (IAGF) & Sébastien BROSSE (Université de Toulouse)

Les fleuves ont toujours représenté une force pour les territoires qu'ils traversent. Empreintes vivantes des civilisations peuplant leurs rives depuis la nuit des temps, ils constituent également une maison naturelle exceptionnelle pour de nombreuses espèces animales et végétales. Aujourd'hui, alors que nous faisons face à des défis climatiques, écologiques et sanitaires sans précédent, ils révèlent la fragilité de nos modes de vie et nous interrogent. Qu'ont-ils à nous apprendre sur notre relation avec le monde vivant ? Et comment pouvons-nous mieux les connaître pour améliorer leur protection ? Viglife, au travers notamment du suivi de 30 fleuves sentinelles, sera sans nul doute un outil précieux au service de la biodiversité des eaux douces.

*Rivers have always represented a strength for the countries through which they flow. They carry the living impressions of civilisations that have settled on their banks since the dawn of time. They also provide an incredible natural home for many species of flora and fauna. Today, as we face unprecedented climatic, ecological and health crises, they reveal the fragility of our lifestyles and raise questions. What can they teach us about our relationship with the living world? And how can we better understand them in order to protect them more effectively? Vigilife will undoubtedly become a precious tool for safeguarding freshwater biodiversity, notably through the monitoring of 30 sentinel rivers.*





# 30 FLEUVES SENTINELLES

## // 30 SENTINEL RIVERS //

**1. L'Amazone** / *The Amazon*
Longueur / *Length* : 6 400 km
Bassin versant / *Basin* : 6 112 000 km²
Débit moyen / *Mean discharge* : 209 000 m³/s

**2. L'Amour** / *The Amur*
4 354 km • 1 929 955 km² • 11 000 m³/s

**3. Le Colorado** / *The Colorado*
2 334 km • 637 137 km² • 620 m³/s

**4. Le Congo** / *The Congo*
4 700 km • 3 680 000 km² • 41 500 m³/s

**5. Le Danube** / *The Danube*
3 019 km • 816 947 km² • 6 500 m³/s

**6. L'Elbe** / *The Elbe*
1 091 km • 144 055 km² • 711 m³/s

**7. Le Fleuve Jaune** / *The Yellow River*
5 464 km • 752 443 km² • 2 571 m³/s

**8. Le Gange** / *The Ganges*
2 510 km • 907 000 km² • 16 648 m³/s

**9. L'Irrawaddy** / *The Irrawaddy*
2 170 km • 411 000 km² • 13 000 m³/s

**10. Le Kinabatangan** / *The Kinabatangan*
560 km • 16 800 km²

**11. La Léna** / *The Lena*
4 400 km • 2 490 000 km² • 16 300 m³/s

**12. Le Magdalena** / *The Magdalena*
1 558 km • 259 000 km² • 7 300 m³/s

**13. Le Maroni** / *The Maroni*
612 km • 65 830 km² • 1 700 m³/s

**14. Le Mékong** / *The Mekong*
4 350 km • 795 000 km² • 15 000 m³/s

**15. Le Mississippi** / *The Mississippi*
3 780 km • 3 238 000 km² • 18 000 m³/s

**16. Le Bassin du Murray-Darling** / *The Murray-Darling Basin*
2 530 km • 1 061 469 km² • 450 m³/s

**17. Le Nil Bleu** / *The Blue Nile*
1 606 km • 325 000 km² • 1 513 m³/s

**18. Le Paraná** / *The Paraná*
4 099 km • 2 582 672 km² • 16 800 m³/s

**19. Le Rhin** / *The Rhine*
1 233 km • 198 000 km² • 2 300 m³/s

**20. Le Rhône** / *The Rhône*
812 km • 95 590 km² • 1 690 m³/s





**21. Le Rio Grande** / *The Rio Grande*
3 060 km • 607 965 km² • 160 m³/s

**22. Le Saint-Laurent** / *The Saint Lawrence*
1 197 km • 1 610 000 km² • 12 309 m³/s

**23. Le Salouen** / *The Salween*
2 815 km • 324 000 km² • 5 000 m³/s

**24. Le Sénégal** / *The Senegal*
1 750 km • 337 000 km² • 640 m³/s

**25. Le Tage** / *The Tagus*
1 078 km • 81 447 km² • 236 m³/s

**26. La Volga** / *The Volga*
3 700 km • 1 350 000 km² • 8 060 m³/s

**27. Le Whanganui** / *The Whanganui*
290 km • 7 380 km²

**28. Le Yang-Tsé** / *The Yangtze*
6 380 km • 1 800 000 km² • 30 000 m³/s

**29. Le Yukon** / *The Yukon*
3 185 km • 847 600 km² • 6 200 m³/s

**30. Le Zambèze** / *The Zambezi*
2 750 km • 1 330 000 km² • 3 500 m³/s





RENCONTRE AVEC

# ERIK ORSENNA

## // AN INTERVIEW WITH ERIK ORSENNA //

**VOUS PRÉSIDEZ IAGF DEPUIS SA CRÉATION. QUELLES SONT VOS MOTIVATIONS ?**

J'ai toujours été fasciné par les fleuves. Je voudrais qu'on en prenne davantage soin mais aussi qu'on reconnaisse mieux leur valeur.

Initiatives pour l'Avenir des Grands Fleuves (IAGF), c'est d'abord l'idée de construire un projet durable. L'Homme utilise les fleuves pour de nombreuses raisons : l'irrigation des terres agricoles, l'eau potable, l'énergie, le transport, la pêche et les loisirs... Ils sont nos alliés au quotidien. Dans la lutte contre le dérèglement climatique, notre capacité de résilience se mesurera à l'importance que nous accorderons aux écosystèmes qui nous entourent et aux services qu'ils rendent. L'association IAGF est née de la volonté de donner la parole aux fleuves, car traités avec plus d'attention, ils peuvent contribuer à la nécessaire transition vers un monde plus durable.

Face à la complexité de la mondialisation, il faut ensuite croiser les regards pour accompagner le changement. IAGF présente cette originalité de réunir des experts de différentes disciplines autour des fleuves, venus du monde entier, pour élargir notre vision, appréhender des thématiques transverses comme la santé et la gouvernance, afin de proposer des solutions concrètes.

**COMMENT VIGILIFE PEUT CONTRIBUER À LA PRÉSERVATION ET LA VALORISATION DES FLEUVES QUE VOUS DÉFENDEZ ?**

De la santé des fleuves dépend la santé des océans mais aussi des Hommes ! Les exemples sont nombreux : regardez le fléau de la pollution plastique, qui transite depuis nos villes jusqu'aux mers et à l'océan via les cours d'eau. Regardez la persistance massive de maladies hydriques dans de nombreux pays en raison de la dégradation de la qualité

> « De la santé des fleuves dépend la santé des océans mais aussi des Hommes ! »

des eaux, provoquée par les activités humaines ou l'absence d'infrastructures d'assainissement. Pasteur le disait : "*Nous buvons 80 % de nos maladies*". Et que nous disent ces maladies infectieuses émergentes, transmises par les animaux, qui se développent avec le changement climatique et les flux mondialisés ? Il n'y a qu'une seule santé globale.

Il est donc primordial de collecter et partager de la donnée à l'échelle internationale pour comprendre, surveiller et agir. C'est l'ambition de Vigilife grâce à l'utilisation de technologies innovantes basées sur l'ADNe qui vont permettre de mieux suivre la biodiversité dans nos fleuves, de la bactérie microscopique jusqu'aux grands mammifères.

**COMMENT ENTENDEZ-VOUS RESTAURER LE PARTENARIAT ENTRE L'HOMME ET LA NATURE ?**

Pour vivre en harmonie avec les écosystèmes, il faut les connaître – d'où l'intérêt d'une initiative comme Vigilife – et les reconnaître.

Reconnaître, c'est prendre conscience que notre avenir est lié.

Reconnaître, c'est leur accorder la légitimité qui leur revient. Il y a quelques mois, le Bangladesh, après la Nouvelle-Zélande, l'Inde ou encore la Colombie, a décidé de donner des droits à ses fleuves et rivières. C'est une étape juridique importante. Étendre des droits à des entités non-humaines, les considérer comme des êtres vivants pour mieux les protéger, est une première reconnaissance du respect que nous leur devons.

Donnons maintenant la parole aux 30 fleuves sentinelles de Vigilife.

---

**YOU HAVE BEEN CHAIRMAN OF IFGR SINCE IT WAS FOUNDED. WHAT MOTIVATES YOU?**

*I've always been fascinated by rivers. I would like us to take care of them but also to better recognize their value.*

*The first priority of Initiatives for the Future of Great Rivers (IFGR) is to build a sustainable project. Rivers are so useful to people in so many ways: farmland irrigation, drinking water, energy, transport, fishing and leisure, etc. They are our constant partners. In the battle against climate disruption, our ability to show resilience will be measured in the importance we place on the ecosystems that surround us and the services they provide. IFGR was born out of a desire to give rivers a voice. Because if we pay them more attention, they will help us make the necessary transition towards a more sustainable world.*


© Camille Moirenc - IAGF

*When faced with the complexity of globalisation, we need to consolidate different points of view in order to make progress with changes. What makes IFGR unique is that it brings together experts from various disciplines, from around the world, to study rivers, to broaden our view and to understand cross-disciplinary topics, such as health and governance, in order to come up with concrete solutions.*

## HOW CAN VIGILIFE HELP PROTECT AND PROMOTE THE RIVERS YOU ARE FIGHTING FOR?

*The health of our oceans, and that of human beings too, depends on the health of rivers. There are numerous examples of this: take the scourge of plastic pollution which journeys from our towns out to seas and oceans along waterways. Look at the widespread persistence of water-borne diseases in so many countries because of the deterioration in water quality – deterioration caused by human activity or the lack of wastewater treatment infrastructure. Louis Pasteur said: "We drink 80% of our illnesses." And what about emerging infectious diseases, transmitted by animals, which are nurtured by climate change and global travel? There is only one global health.*

*So it's essential to collect and share data on an international scale for understanding, monitoring and action. That's the goal of Vigilife, using innovative technology based on eDNA. This will enable us to better track the biodiversity in our rivers, from microscopic bacteria to large mammals.*

## HOW DO YOU INTEND TO RESTORE THE PARTNERSHIP BETWEEN HUMANS AND NATURE?

*If we are to live in harmony with ecosystems, we need to understand them – hence the value of an initiative such as Vigilife – and recognize them.*
*Recognize means being aware that our future depends on them. Recognize means according them their due legitimacy.*
*A few months ago Bangladesh followed the example set by New Zealand, India and Colombia in granting legal rights to its rivers. This is a major judicial step. Extending rights to non-human entities, considering them as living beings so as to better protect them, is a first step towards recognizing the respect we owe them.*

*Now let's give Vigilife's 30 sentinel rivers a chance to have their voices heard.*

**Erik Orsenna** est économiste et écrivain, membre de la prestigieuse Académie française. Il s'est depuis toujours intéressé aux questions de mondialisation et a écrit plusieurs ouvrages de référence sur l'eau, le moustique ou encore le coton. Il préside IAGF depuis sa création, en 2015. Il est aussi ambassadeur de l'Institut Pasteur et du Réseau international des Instituts Pasteur. À ce double titre, il s'associe à Vigilife dont il est l'un des ambassadeurs.

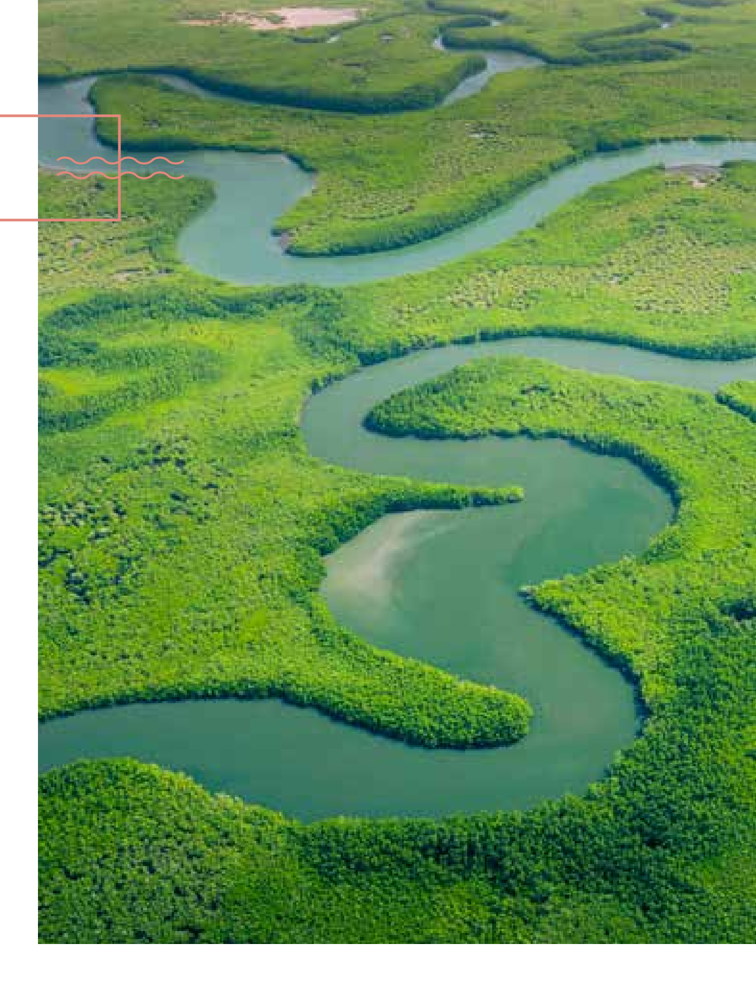
***Erik Orsenna*** *is an economist, an author, and a member of the prestigious Académie française. He has always been interested in globalisation and has written several reference works on water, mosquitoes and cotton. He has been Chairman of IFGR since it was founded in 2015. He is also an ambassador for the Institut Pasteur and the Institut Pasteur International Network. He combines these two roles with his work at Vigilife where he is one of the ambassadors.*


© IAGF





## 1. L'AMAZONE / THE AMAZON



Né de l'assèchement d'une mer intérieure, je suis l'un des plus longs fleuves au monde et mon bassin versant, le plus vaste, couvre 40 % de l'Amérique du Sud. Je concentre, avec mes affluents, près de 20 % de la biodiversité des fleuves sur terre et joue un rôle fondamental dans le cycle de l'eau global. Mes eaux portent aujourd'hui la marque du dérèglement climatique et des dégâts causés par la déforestation et l'orpaillage.

*Born out of the drying up of an inland sea, I am one of the longest rivers in the world and my watershed, the largest in the world, covers 40% of South America. Together with my tributaries, I contain nearly 20% of the biodiversity of all the rivers on earth and play an essential role in the global water cycle. My waters now bear the stains of climate disruption and the damage caused by deforestation and gold extraction.*



## 2. L'AMOUR / THE AMUR

Fleuve sibérien prenant ma source à l'Est du lac Baïkal, je me jette dans la mer d'Okhotsk après une course vers l'est de plus de 4 000 kilomètres. Mon nom signifie d'ailleurs "grande rivière" ou "fleuve boueux", selon les régions que je traverse. Mon régime est influencé par la fonte des neiges qui multiplie mon débit par 15 en fin d'été. Plus de 100 espèces de poissons, dont deux espèces d'esturgeons aujourd'hui menacées de disparition, peuplent mes eaux.

*A Siberian river, my source lies east of Lake Baikal and I flow east some 4,000 kilometres to the Sea of Okhotsk. My name means "Great River" or "Muddy River" depending on the regions through which I flow. My regime is affected by melting snow, which can lead to my flow being 15 times greater by the end of the summer. More than 100 species of fish swim in my waters, including two species of sturgeon threatened with extinction.*





## 3. LE COLORADO
### / THE COLORADO

Je prends ma source dans les Montagnes Rocheuses, puis coule vers le Golfe de Californie, au Mexique. Je suis célèbre pour avoir creusé, au cours des millénaires, le Grand Canyon américain. Mon eau est précieuse dans les régions arides que je traverse, et son prélèvement excessif par les 30 millions de personnes qui peuplent mon bassin, les industries et les cultures, finit par assécher mon cours aval qui parfois ne parvient plus jusqu'à l'océan Pacifique.

*My source is in the Rocky Mountains, and I flow towards the Gulf of California in Mexico. I am famous for having carved out the American Grand Canyon, a job which took thousands of years. My water is precious to the arid regions I cross, and excessive use by the 30 million people who live in my watershed, industries and farming have resulted in me drying out downstream, meaning I sometimes never reach the Pacific Ocean.*



## 4. LE CONGO
### / THE CONGO

Second fleuve du globe par mon débit, je parcours plus de 4 700 kilomètres avant de me jeter dans l'océan Atlantique. Avec plus de 220 mètres de profondeur, je suis aussi le fleuve le plus profond du monde. J'abrite une faune aquatique unique, avec plus de 1 000 espèces de poissons, dont des espèces abyssales encore largement méconnues. Mon bassin gigantesque est également l'habitat de nombreuses espèces rares, telles que les chimpanzés, les bonobos, les gorilles, les éléphants et les pangolins. Je dois cependant faire face à des pressions humaines grandissantes : la déforestation et la construction de barrages mettent chaque jour un peu plus en danger mon exceptionnelle biodiversité.

*The second biggest river in the world in terms of flow, I cover more than 4,700 kilometres before discharging into the Atlantic Ocean. With depths of up to 220 metres, I am also the deepest river in the world. I am home to a unique aquatic fauna with more than 1,000 species of fish. These include abyssal or "deep-sea" fish about which very little is known. My gigantic basin also provides habitat for many rare species, such as chimpanzees, bonobos, gorillas, elephants and pangolins. However, I am struggling to cope with increasing human pressure: deforestation and the construction of dams place my incredible biodiversity in a little more danger every day.*





## 5. LE DANUBE / THE DANUBE

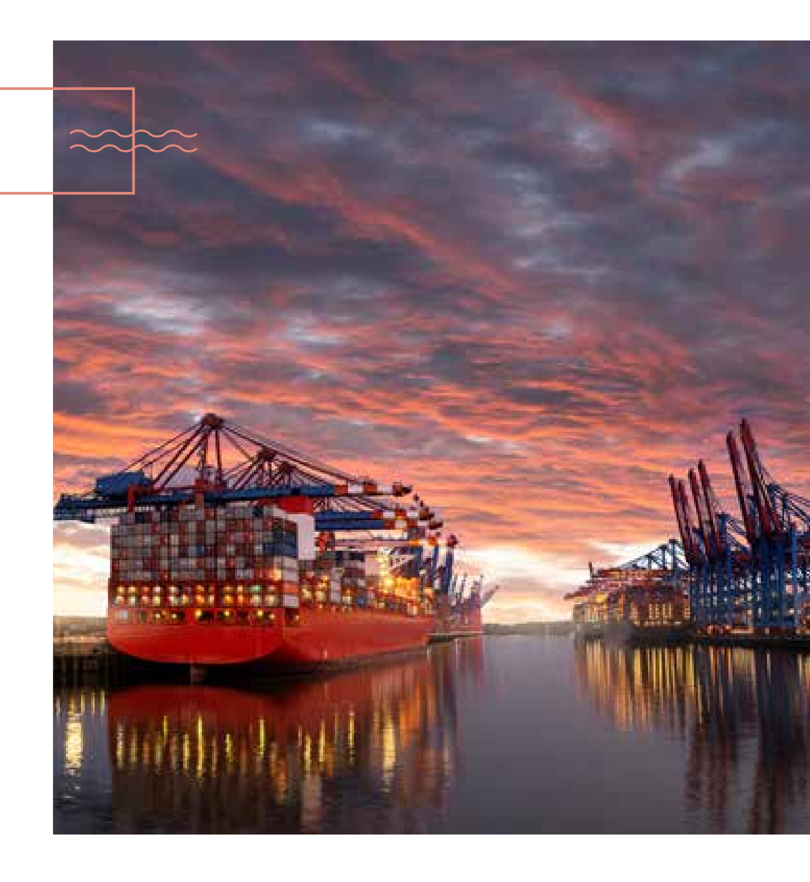
Deuxième plus long fleuve d'Europe, je traverse 19 pays et compte dans mon bassin plus de 80 millions d'habitants. Je suis le fleuve le plus internationalisé au monde et suis un véritable trait d'union entre les populations. Je suis également le fleuve européen le plus riche en biodiversité, car j'ai servi de refuge à de nombreuses espèces lors des dernières glaciations. Mon histoire et cette richesse naturelle me valent d'être inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO et d'être suivi par une commission internationale qui veille à ma protection.

*The second longest river in Europe, I flow through 19 countries and more than 80 million people live in my basin. I am the most international river in the world and a real link between populations. I am also the richest European river in terms of biodiversity because I have provided a refuge to many species since the last ice age. My history and natural wealth have led me to be listed as a UNESCO World Heritage site and monitored by an international commission to ensure my protection.*

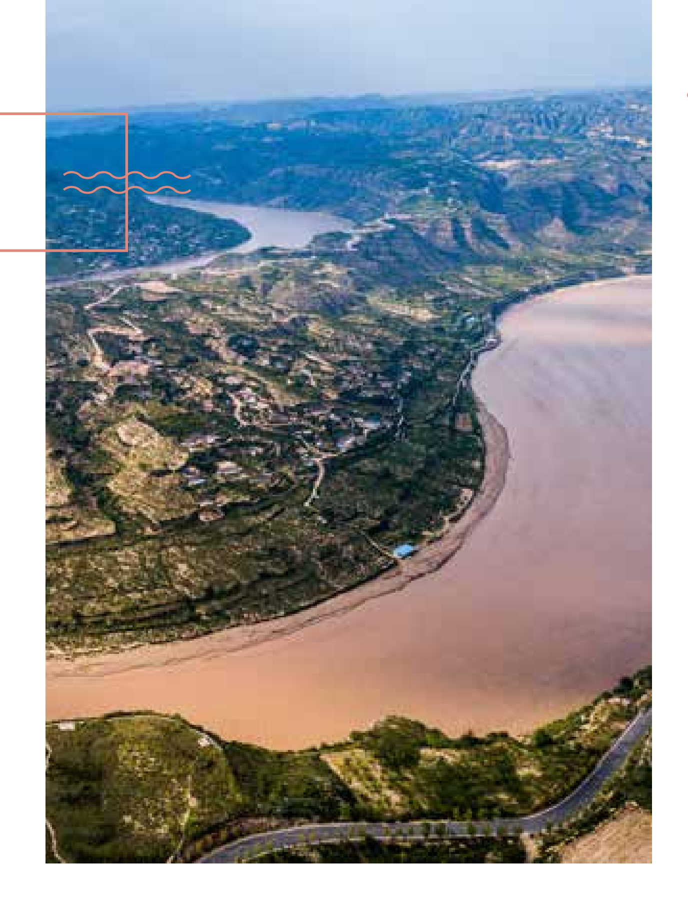
## 6. L'ELBE / THE ELBE

Mon nom vient du latin *Albis* qui signifie "fleuve". Je traverse du Sud au Nord la République Tchèque puis l'Allemagne, avant de me jeter dans la Mer du Nord. De tout temps, j'ai été une voie de commerce importante, mais je suis aussi nécessaire à l'agriculture, avec plus de 300 barrages réservoirs sur mon cours. Fleuve parmi les plus pollués d'Europe jusqu'en 1990, l'amélioration de la qualité de mes eaux reste un défi majeur.

*My name comes from the Latin* Albis *which means "river". I flow from the south of the Czech Republic to the north and then into Germany before reaching the North Sea. I have always been an important trade route, but I am also needed for agriculture and I boast more than 300 reservoir dams. One of the most polluted rivers in Europe until 1990, improving the quality of my water remains a major challenge.*

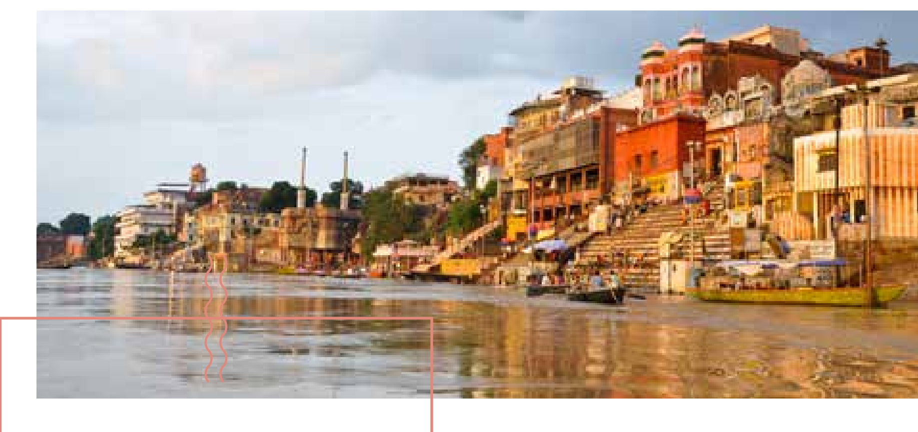


## 7. LE FLEUVE JAUNE
### / THE YELLOW RIVER



Berceau des civilisations du Nord de la Chine, je suis le deuxième plus long fleuve chinois. Je tiens mon nom des alluvions que je charrie en quantité et qui me donnent cette couleur foncée. Connu pour mes crues dévastatrices, j'ai changé 26 fois de cours. Je fais face aujourd'hui à des sécheresses extrêmes, à l'érosion des sols, mais aussi à des pollutions, qui dégradent mes écosystèmes et menacent le devenir de la biodiversité que j'héberge.

*The cradle of the civilisations of northern China, I am the second longest Chinese river. My name comes from the sediment I carry in great quantities and which gives me this dark colour. Known for causing devastating floods, I have shifted course 26 times. I am now facing extreme droughts, soil erosion and also pollution, which damage my ecosystems and threaten the biodiversity I host.*





## 8. LE GANGE / THE GANGES

Considéré par les hindouistes comme une divinité vivante, je prends ma source dans les glaciers de l'Himalaya puis me joins au Brahmapoutre et à la Meghna pour former le plus grand delta du monde, un concentré d'écosystèmes uniques. Mon bassin très fertile réunit 500 millions d'habitants, dont les besoins croissants en eau et en énergie font de moi l'un des fleuves les plus menacés au monde.

*Considered as a living divinity by Hindus, I originate in the glaciers of the Himalayas and then join the Brahmaputra and the Meghna to form the largest delta in the world, a concentration of unique ecosystems. My exceptionally fertile basin is home to 500 million people, whose growing needs in water and energy make me one of the most threatened rivers in the world.*



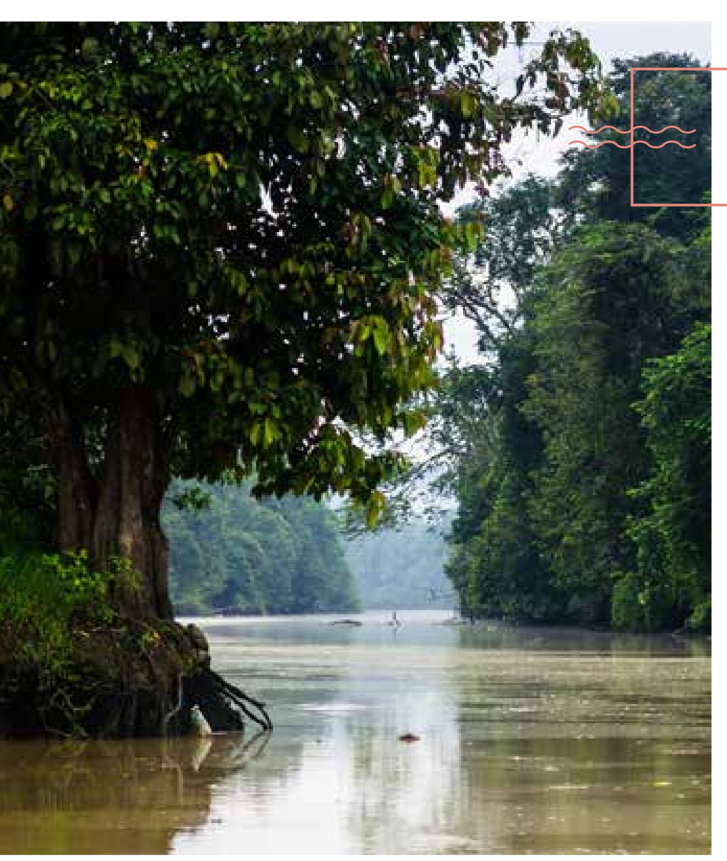


## 9. L'IRRAWADDY / THE IRRAWADDY



Principal cours d'eau birman, je prends ma source à la frontière chinoise. Je représente le principal axe de communication pour les populations locales, dont la majorité vit sur mon bassin versant. J'abrite un dauphin et un requin d'eau douce, tous deux gravement menacés, ainsi qu'une des dernières populations d'éléphants d'Asie et de tigres du Bengale. Plusieurs projets de barrages hydroélectriques pourraient cependant affecter cette fragile biodiversité.

*The main waterway in Myanmar, my source lies on the border with China. I represent the main communications thoroughfare for local populations, most of whom live in my drainage basin. I provide shelter to one species of freshwater shark and one species of freshwater dolphin, both under serious threat, while my basin is home to one of the last remaining groups of Asian elephants and Bengal tigers. Sadly, several hydroelectric dam projects could affect this fragile biodiversity.*



## 10. LE KINABATANGAN / THE KINABATANGAN

Je suis l'un des plus grands fleuves de l'île de Bornéo, en Malaisie. Alimenté par une forte mousson, je sors fréquemment de mon lit pour créer une forêt pluviale inondée de plus de 280 000 hectares. Cet écosystème particulier est intégralement protégé et inscrit dans la convention de RAMSAR, traité international sur les zones humides. Malgré cette protection, les forêts qui bordent mon cours sont à l'heure actuelle gravement menacées par le défrichement.

*I am one of the longest rivers on the island of Borneo in Malaysia. A heavy monsoon feeds me and I frequently overflow my banks, creating a flooded forest over an area of more than 280,000 hectares. This special ecosystem is covered in its entirety by the Ramsar Convention, an international wetlands treaty. Despite this protection, the forests along my banks are currently in grave danger of being cleared.*





## 11. LA LÉNA / THE LENA

Froid et sibérien, je prends ma source près du lac Baïkal et je me jette dans la mer des Laptev, en bordure de l'océan Arctique, en formant un delta qui avance de plus de 100 kilomètres dans la mer. Je suis couvert de glace 8 mois par an et rassemble la plus faible densité de population du globe. En période de dégel, je subis des crues impressionnantes qui entraînent de fortes inondations. Je draine 2 millions de kilomètres carrés de forêt boréale et mon vaste delta héberge une biodiversité exceptionnelle.

*Cold and Siberian, my source is near the Lake Baikal and I flow out into the Laptev Sea, at the edge of the Arctic Ocean, forming a delta which stretches more than 100 kilometres into the sea. I am covered in ice for eight months of the year and am surrounded by the lowest density of human population in the world. When the ice thaws, my water levels rise tremendously, leading to major flooding. My drainage basin covers two million square kilometres of boreal forest and my vast delta hosts extraordinary biodiversity.*

## 12. LE MAGDALENA / THE MAGDALENA

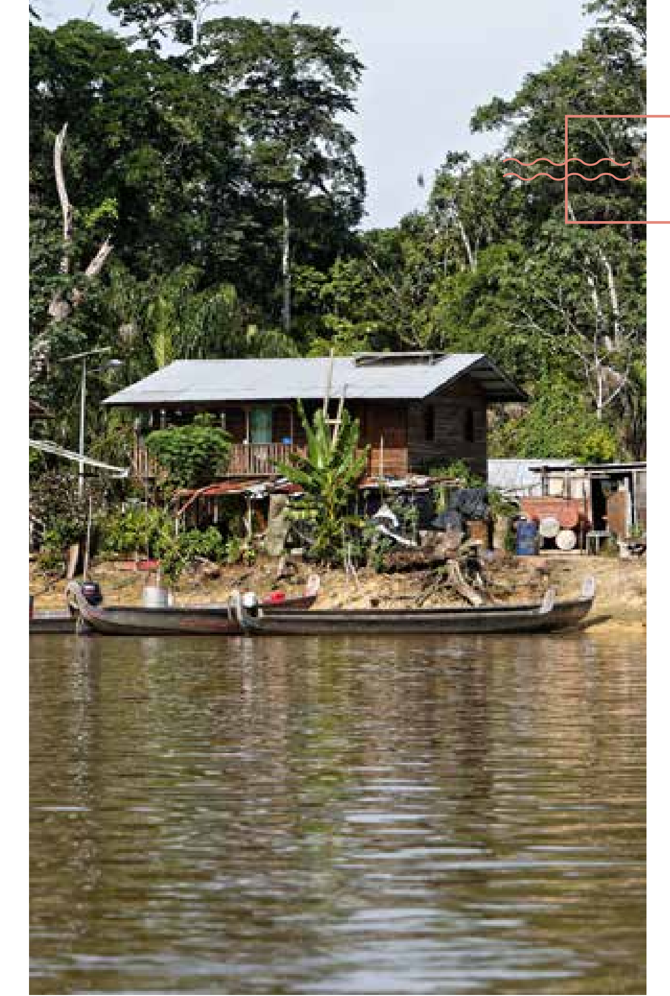
Plus grand fleuve colombien, je coule des Andes vers la mer des Caraïbes. J'abrite une faune amazonienne particulièrement riche et encore en partie méconnue. Parmi les 200 espèces de poissons qui peuplent mon cours, plus de 100 ne sont connues que dans mon bassin. La déforestation, l'érosion et l'exploitation de mon sous-sol riche en hydrocarbures et en métaux précieux pourraient cependant altérer la qualité de mes eaux et la morphologie de mon cours.

*The biggest river in Colombia, I flow from the Andes to the Caribbean Sea. I provide shelter for a particularly rich Amazonian fauna, much of which we know little about. Some 200 species of fish populate my waters and more than half of them are only found in my basin. Deforestation, erosion and the exploitation of my subsoil, rich in hydrocarbons and precious metals, threaten the quality of my waters and the morphology of my course.*









## 13. LE MARONI / THE MARONI

Fleuve frontière entre la Guyane française et le Suriname, mon nom fait référence aux anciens esclaves établis sur mes berges. J'accueille de multiples ethnies ainsi qu'une rare et vaste diversité biologique, aujourd'hui mise en danger par l'orpaillage illégal. Cette pratique pollue mes eaux et pose de graves problèmes sanitaires, notamment pour les indiens Wayana et Teko, encore largement dépendants de mes ressources. Je finis ma course dans l'océan Atlantique où mes eaux se joignent à celles de la Mana.

*A river forming the boundary between French Guiana and Suriname, my name refers to the former slaves who settled along my banks. Today, I provide a home for many ethnicities and boast a huge and rare biological diversity, which is threatened by illegal gold extraction. This practice pollutes my waters and creates major health problems, particularly for the Wayana and Teko indigenous peoples who are still largely dependent on my resources. My course finishes in the Atlantic Ocean where my waters join those of the River Mana.*

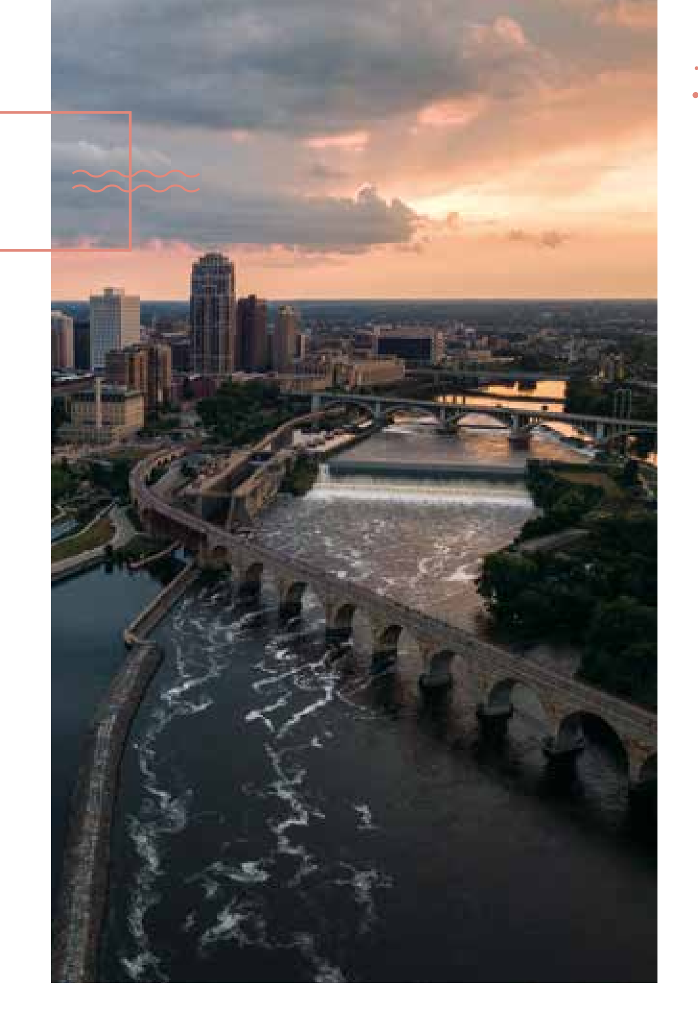
## 14. LE MÉKONG / THE MEKONG

Véritable artère des pays d'Asie du Sud-Est, je prends ma source en Chine, dans l'Himalaya, pour ensuite servir de frontière entre le Laos, la Birmanie et la Thaïlande, avant de traverser le Cambodge et le Viêt Nam. Plus de 250 millions de personnes vivent dans mon bassin, grâce aux activités de pêche et de riziculture que je permets. J'accueille aussi une biodiversité unique, comme un dauphin d'eau douce et un poisson-chat géant. Mais mon cours, fragmenté par de multiples barrages, rend leur avenir incertain, malgré l'œil attentif de la *Mekong River Commission.*

*A real thoroughfare for South-East Asian countries, I originate in China, in the Himalayas, and then provide a border between Laos, Myanmar and Thailand, before flowing through Cambodia and Vietnam. More than 250 million people live in my basin, my waters enabling them to fish and grow rice. I also host a unique biodiversity that includes a freshwater dolphin and a giant catfish. But their future is now uncertain because my water course has been broken up by many dams, despite the watchful eye of the international* Mekong River Commission.



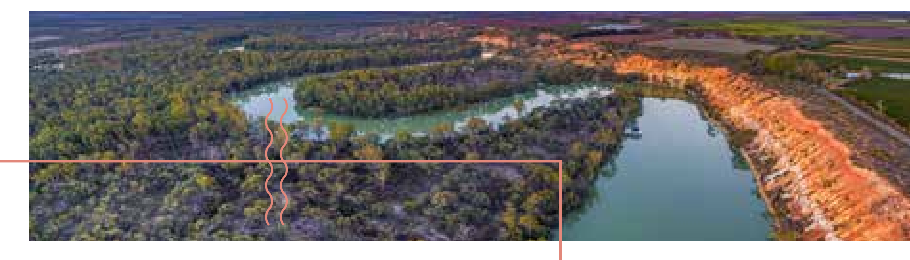
## 15. LE MISSISSIPPI
### / THE MISSISSIPPI



Troisième plus grand fleuve au monde, mon bassin versant couvre 41 % des États-Unis. Je suis une artère essentielle de l'économie américaine qui transporte plus de 500 millions de tonnes de marchandises chaque année, qui irrigue les cultures céréalières et qui fournit en eau villes et industries. Plus de 72 millions d'habitants vivent dans mon bassin versant. Je souffre de la pollution, d'une surconsommation de mon eau, et la montée du niveau des eaux, provoquée par le changement climatique, modifie profondément mon écosystème.

*The third longest river in the world, my watershed covers 41% of the United States. I am an essential American trade route, transporting more than 500 million tonnes of goods each year. I also irrigate cereal crops and supply towns and industries with water. More than 72 million people live in my drainage basin. I am suffering from pollution and from the overuse of my waters. Meanwhile, climate change and rising sea levels are creating major changes to my ecosystems.*



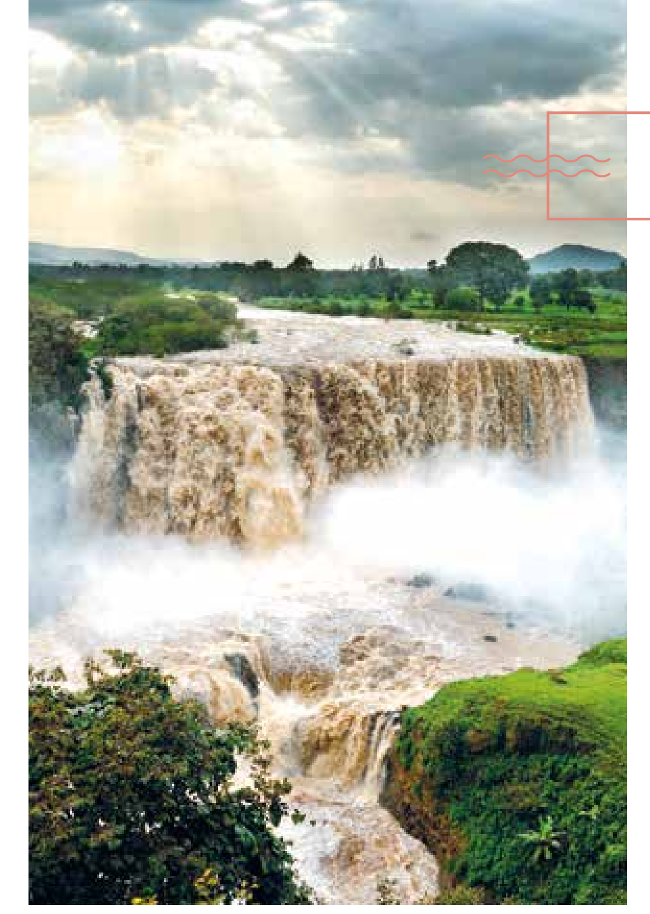


## 16. LE BASSIN DU MURRAY-DARLING
### / THE MURRAY-DARLING BASIN

Avec plus d'un million de kilomètres carrés, mon bassin occupe 14 % du territoire australien et concentre plus de 90 % de la population du pays-continent. Évoluant dans un climat aride, mon eau est très convoitée pour les productions agricoles et les villes. Le réchauffement climatique accentue désormais les demandes en eau et fragilise fortement les ressources disponibles et la biodiversité du fleuve.

*Stretching over more than a million square kilometres, my watershed covers 14% of Australia and is home to 90% of the population of this continent-country. Flowing through an arid climate, my water is much sought after for farming needs and to supply towns. Global warming is now increasing the demand for water and seriously compromising my available resources and biodiversity.*





## 17. LE NIL BLEU / THE BLUE NILE

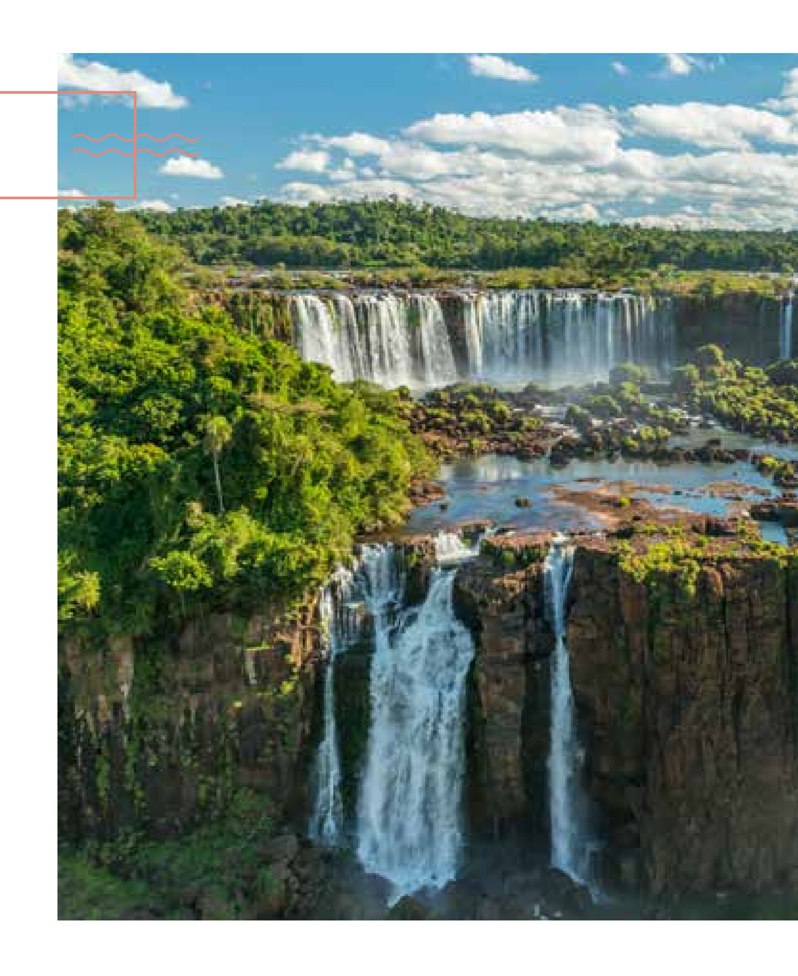
Berceau de la civilisation égyptienne, je suis la branche orientale du Nil et contribue à la majorité de son débit. On m'appelle "Nil bleu" en raison du limon qui me donne cette couleur foncée si particulière, contrairement à l'autre affluent, le "Nil blanc", de couleur plus claire. Ensemble, nous formons le Nil en nous rejoignant à Khartoum (Soudan) et traversons ensuite l'Égypte. Sans moi, l'Égypte ne serait qu'un immense désert : 90 % de ses ressources en eau proviennent du fleuve.

*The cradle of Egyptian civilisation, I am the eastern branch of the Nile and provide most of its water flow. They call me the "Blue Nile" because of the silt that gives me this particularly dark colour, unlike the other tributary, the "White Nile", which is much lighter in colour. Together we form the Nile by joining up at Khartoum (Sudan) and then flowing through Egypt. Without me, Egypt would be nothing more than a vast desert. Some 90% of its water resources come from the river.*

## 18. LE PARANÁ / THE PARANÁ

Mon nom signifie « parent de la mer » en Guarani. Je traverse près de la moitié de l'Amérique du Sud, avant de me jeter dans l'océan Atlantique. Mon bassin versant est le troisième plus important au monde après l'Amazone et le Congo. Géant de l'hydroélectricité grâce à mon débit puissant, je fournis l'électricité du Paraguay et du Brésil. Sur mon bassin se trouvent les célèbres chutes d'Iguaçu et le Pantanal, l'un des plus grands marécages au monde. Comme mon voisin l'Amazone, je rassemble une faune et une flore extrêmement riches.

*My name means "parent of the sea" in Guarani. I flow through almost half of South America before reaching the Atlantic Ocean. My drainage basin is the third largest in the world after the Amazon and the Congo. I am a hydroelectric giant, thanks to my powerful flow, and I supply Paraguay and Brazil with electricity. Within my basin you will find the famous Iguaçu Falls and Pantanal, one of the largest wetlands in the world. Just like my neighbour, the Amazon, I am home to an absolute abundance of flora and fauna.*









## 19. LE RHIN / THE RHINE

Véritable colonne vertébrale de l'Europe rhénane, l'espace économique le plus dynamique d'Europe, je suis l'une des voies navigables les plus fréquentées du monde. Les travaux successifs d'endiguement, de canalisation, de construction de barrages et de centrales hydroélectriques ont profondément affecté mes berges et mon lit principal au cours des siècles précédents. Aujourd'hui, de nombreuses actions sont entreprises pour restaurer mes milieux naturels et favoriser la reproduction des espèces emblématiques que j'héberge, comme le saumon.

*I am the backbone of Rhineland Europe, the most dynamic economic area in the European Union. I am also one of the busiest waterways in the world. Successive programmes to build dykes, canals, dams and hydroelectric power plants have had a major impact on my banks and altered my main river bed over the centuries. Nowadays, a great many measures are being rolled out to restore my natural environment and encourage the reproduction of species that traditionally swam in my waters, such as salmon.*



## 20. LE RHÔNE / THE RHÔNE

Je prends ma source en Suisse, traverse le lac Léman, puis longe les Alpes avant de me jeter dans la mer Méditerranée. Je suis une voie fluviale majeure depuis l'Antiquité. Mon cours impétueux a été aménagé dès le XIXe siècle par la construction de digues, auxquelles se sont ajoutés des barrages hydroélectriques construits à partir des années 50. Aujourd'hui, je sers à de nombreux usages et il revient à la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), mon gestionnaire, de les concilier tout en préservant la riche biodiversité que j'abrite. Je suis notamment l'unique maison de l'apron du Rhône, un poisson fragile et en danger critique d'extinction. Pour prendre soin de moi et permettre que je serve toujours à l'économie des territoires, un vaste programme réunissant acteurs publics et privés est mené. Je sers également de site d'expérimentation pour le développement des méthodes ADNe.

*I originate in Switzerland, pass through Lake Geneva, and then follow the Alps down to the Mediterranean Sea. I have been a major river since Ancient times. My impetuous nature was tamed somewhat from the 19th century onwards with the construction of dykes, to which hydroelectric dams were added starting in the 1950s. Nowadays I have many uses and it is up to the Compagnie Nationale du Rhône (CNR), which manages me, to see that everything runs smoothly while still protecting my rich biodiversity. I am especially proud of the Rhone streber, a fragile fish only found in my basin, which is at high risk of becoming extinct. A major programme, involving public and private stakeholders, is under way to look after me and ensure I can continue to be of use to local economies. I also serve as an experimentation site for developing eDNA methods.*

## 21. LE RIO GRANDE / THE RIO GRANDE



Frontière naturelle entre les États-Unis et le Mexique, je prends ma source dans les Montagnes Rocheuses et traverse des régions arides, ce qui explique mon débit particulièrement faible. Il arrive même que je m'assèche sous l'effet de l'usage intensif de mon eau pour l'irrigation des cultures. Mon statut de frontière et mon eau précieuse font parfois de moi l'enjeu de tensions politiques.

*A natural border between the United States and Mexico, I originate in the Rocky Mountains and travel through arid regions, which explains my very weak flow. Sometimes I even dry up because of the intensive use of my waters for irrigating crops. My status as a border and my precious water mean I am sometimes drawn into political struggles.*

## 22. LE SAINT-LAURENT / THE SAINT LAWRENCE

Fleuve frontière entre les États-Unis et le Canada, je représente avec les Grands Lacs que je traverse plus de 25 % des réserves mondiales d'eau douce. Porte d'entrée majeure du continent nord-américain, j'ai été aménagé pour le commerce fluvio-maritime et accueille aussi de nombreux bateaux de croisière. La pollution urbaine, industrielle et agricole a des conséquences préoccupantes sur ma santé, et le réchauffement de mes eaux lié au changement climatique a de nombreuses répercussions sur mes écosystèmes.

*A border river between the United States and Canada, together with the Great Lakes through which I flow, I represent more than 25% of global freshwater reserves. A major gateway to the North American continent, I have been adapted for the purposes of sea-river trade and a number of cruise ships also travel on my waters. Urban, industrial and agricultural pollution have a worrying impact on my health, and the warming of my waters due to climate change is affecting my ecosystems in many ways.*





## 23. LE SALOUEN / THE SALWEEN

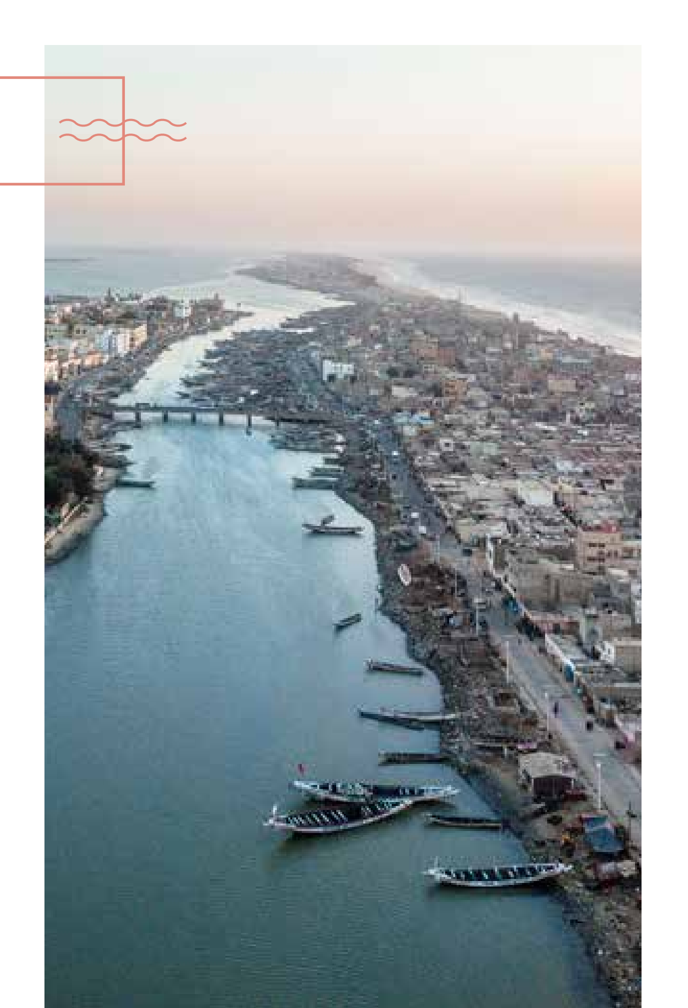
Je traverse le Tibet, la Chine, la Birmanie et la Thaïlande, ce qui fait de moi le second plus long fleuve d'Asie du Sud-Est. Avec mon cours amont impétueux, on me surnomme aussi "fleuve en colère". Jusqu'à présent peu anthropisé, j'abrite une extraordinaire biodiversité qui vaut à une partie de mon linéaire d'être classée patrimoine mondial de l'UNESCO. Cependant de nombreux projets de barrages mettent en péril ma biodiversité.

*My course takes me through Tibet, China, Myanmar and Thailand, which makes me the second longest river in South-East Asia. My raging waters upstream have also caused me to be nicknamed "the Angry River". So far I have been left virtually untouched by humans and I host an extraordinary biodiversity. This has even led to parts of me being classed as a World Heritage site by UNESCO. However, that biodiversity is now under threat as several plans for dams are in the offing.*

## 24. LE SÉNÉGAL / THE SENEGAL

Je prends ma source dans le massif du Fouta-Djalon, en Guinée, avant d'arroser le Mali, la Mauritanie et le Sénégal. Mon eau et mes ressources halieutiques sont primordiales pour les populations habitant mon bassin. Pourtant mon débit est particulièrement irrégulier : je m'assèche quasiment en été, alors que mon débit dépasse 2 000 $m^3/s$ en octobre. Depuis une terrible sécheresse dans les années 1970, ma gestion est faite de manière partagée et solidaire par l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal.

*I spring from the Fouta Djallon highlands in Guinea before bringing water to Mali, Mauritania and Senegal. My fishing waters are absolutely essential to those who live in my basin. However, my flow is particularly irregular: I almost dry up in summer but in October my flow exceeds 2,000 $m^3/s$. Since a very severe drought in the 1970s, I have been managed by the Senegal River Basin Development Authority.*





## 25. LE TAGE / THE TAGUS

Plus long fleuve de la péninsule ibérique, je coule de Madrid à Lisbonne. J'alimente ces villes en eau potable, en électricité et je suis surexploité pour l'agriculture intensive. Mon régime est typiquement méditerranéen avec de violentes crues hivernales, aujourd'hui écrêtées par les nombreux barrages qui jalonnent mon cours. Je subis également un fort étiage estival, durant lequel mon débit se réduit considérablement. Je suis en péril, épuisé par la sécheresse et les transferts d'eau vers le fleuve Segura. La gestion transfrontalière de mes eaux reste un enjeu majeur pour l'Espagne et le Portugal.

*The longest river on the Iberian Peninsula, I run from Madrid to Lisbon. I supply towns with drinking water and electricity, and I am over-exploited for intensive farming. My regime is typically Mediterranean, with violent winter surges in flow which are now controlled somewhat by the numerous dams that punctuate my course. My water levels and my flow drop considerably in the summer. I am in danger, worn out by droughts and by water being channelled to the Segura River. The cross-border management of my waters is a major issue for Spain and Portugal.*



## 26. LA VOLGA / THE VOLGA

Fleuve lent par excellence, je prends ma source à 280 mètres d'altitude entre Moscou et Saint-Pétersbourg. Je draine plus du tiers de la superficie de la Russie européenne. L'essentiel de mon cours est navigable, suite à d'importants aménagements réalisés au XXᵉ siècle. J'accueille une part importante des activités industrielles russes avant de me jeter dans la Mer Caspienne, le plus grand lac salé du monde dont la surface est située 27 mètres en dessous du niveau moyen des océans.

*A fine example of a slow river, my source lies at just 280 metres above sea level, between Moscow and Saint Petersburg. My watershed covers more than a third of the surface area of European Russia. The main part of my course is navigable, thanks to major works carried out in the 20th century. I am vital to a significant proportion of industrial activities in Russia before flowing out into the Caspian Sea, which is the biggest saltwater lake in the world and sits 27 metres below the average level of the oceans.*

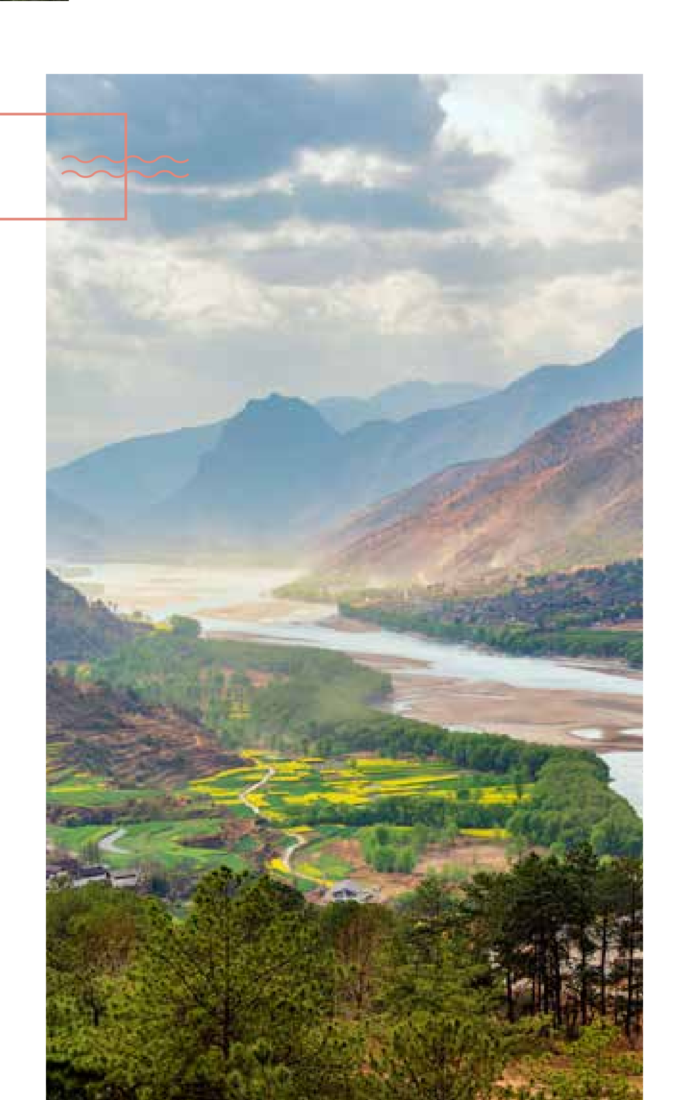


## 27. LE WHANGANUI / THE WHANGANUI

Je suis le troisième fleuve de Nouvelle-Zélande et un haut lieu spirituel pour les Maoris. Je suis reconnu par mon pays comme “être vivant unique” et doté d’une personnalité juridique depuis mars 2017. Coulant des flancs d’un volcan actif, je suis tumultueux et plus de 200 cascades se succèdent sur mon cours. J’abrite des espèces de poissons endémiques, c’est-à-dire uniquement présentes ici.

*I am the third longest river in New Zealand and have great spiritual importance for the Maori. My country recognised me as a “unique living person” and gave me a legal status in March 2017. Flowing down the slopes of an active volcano, I am extremely turbulent and my course includes nearly 200 waterfalls. I am home to endemic fish species, in other words species that only exist here.*

## 28. LE YANG-TSÉ / THE YANGTZE



Plus grand fleuve d’Asie, je prends ma source dans les glaciers de l’Himalaya, dévale du Tibet, traverse intégralement la Chine d’ouest en est et reçois plus de 700 affluents avant de rejoindre la mer de Chine. Je suis navigable sur près de 3 000 kilomètres. Mon cours moyen a été fortement modifié par le barrage des Trois Gorges, le plus grand au monde en termes de puissance installée. Ce barrage qui crée une retenue d’eau longue de plus de 600 kilomètres bloque les migrations de nombreuses espèces de poissons, dont l’emblématique esturgeon chinois.

*The longest river in Asia, I originate in the glaciers of the Himalayas, tear through Tibet, cross right through China from west to east, and I am swollen by more than 700 tributaries before I reach the China Sea. I am navigable over some 3,000 kilometres. My course has been significantly altered by the Three Gorges Dam, the largest in the world in terms of installed capacity. This dam, which creates a reservoir more than 600 kilometres long, prevents the migration of numerous species of fish, including the highly emblematic Chinese sturgeon.*



## 29. LE YUKON / THE YUKON

Mon nom signifie “grande rivière” dans la langue autochtone Kutchin. Né d’un glacier à l’ouest du Canada, je traverse la Colombie britannique et l’Alaska pour me jeter dans la mer de Béring. Les rudes conditions climatiques sur mon territoire ont limité les implantations humaines, et font de moi un cours d’eau encore peu perturbé par l’Homme. J’accueille de denses populations de saumons qui remontent mon cours pour trouver des sites de ponte.

*My name means “Great River” in the native language of the Gwich’in. My source lies in a glacier in the Canadian west, and I flow through British Columbia and Alaska before emptying into the Bering Sea. The harsh weather conditions through which I travel have limited the number of human settlements and helped me remain little disturbed by humans. I am home to great populations of salmon, which travel upstream to their breeding grounds.*



## 30. LE ZAMBÈZE / THE ZAMBEZI

Je suis le plus grand fleuve Est-africain, et l’un de mes affluents draine le célèbre lac Malawi, lac le plus riche en espèces de poissons du globe. Je rassemble plus de 800 espèces de poissons uniques au monde et très prisées des aquariophiles. Mon cours principal héberge aussi les majestueuses chutes Victoria et le lac Kariba, né de la construction d’un barrage hydroélectrique.

*I am the largest river in Eastern Africa, and one of my tributaries draws from the famous Lake Malawi, which is home to more species of fish than any other lake in the world. I myself boast 800 species of fish unique to me and highly prized by aquarists. My main course is also where you will find the majestic Victoria Falls and Lake Kariba, created by the construction of a hydroelectric dam.*





# PLONGÉE DANS LES AIRES MARINES PROTÉGÉES

## // A DIVE INTO MARINE PROTECTED AREAS //


**David MOUILLOT (Université de Montpellier) & Julie DETER (Andromède Océanologie)**

### DES ÉCOSYSTÈMES RICHES MAIS MENACÉS

La dégradation des zones côtières est l'une des plus graves crises de la biodiversité à laquelle nous sommes confrontés. Historiquement, la plupart des sociétés humaines se sont installées à proximité du littoral. Aujourd'hui, 44 % de la population mondiale habite à moins de 150 km de la côte, là où la biodiversité marine est la plus importante. Les récifs coralliens occupent, par exemple, moins de 0,1 % des océans, mais ils abritent environ un million d'espèces multicellulaires, dont 6 000 espèces de poissons. Cependant, la destruction des habitats, le déversement de polluants, la surpêche, le changement climatique et l'introduction d'espèces exotiques sont autant de menaces pour ces écosystèmes marins côtiers. Ainsi, en Méditerranée, plus de la moitié des espèces de raies et de requins sont déjà menacées d'extinction selon l'UICN.

### DES MESURES DE PROTECTION À ÉVALUER

Les Aires Marines Protégées (AMP) sont des espaces où les activités humaines sont régulées pour assurer le maintien de la biodiversité et des services associés. Elles couvrent près de 8 % des océans, alors que le "Plan stratégique pour la diversité biologique", ratifié à Aichi en 2010, fixait un objectif de couverture à 10 % d'ici 2020 pour chaque pays. De plus, dans de nombreuses AMP, les restrictions restent très limitées. Pour faire face à l'expansion rapide des activités humaines et à la perte de biodiversité marine, un accord mondial pour la nature, récemment proposé par une large coalition d'organisations environnementales, ambitionne désormais une protection de 30 % des océans d'ici 2030.

**Le poisson-lion, une espèce exotique envahissante en Méditerranée** / *The lionfish, an invasive alien species in the Mediterranean Sea*



Parc national des Calanques

Néanmoins, pour évaluer les bénéfices des AMP existantes, en créer de nouvelles et mesurer les impacts humains sur la biodiversité, il est nécessaire de disposer d'inventaires fiables. Au cours des dernières années, de nombreuses méthodes ont été déployées pour le suivi des espèces marines côtières. Cependant, la plupart d'entre elles sont destructives (pêche ou produit chimique), limitées en profondeur (< 30 m) et en surface échantillonnée (plongée), ou nécessitent du matériel lourd et de nombreuses heures d'analyses (vidéo sous-marine). De plus, tous ces protocoles sont invasifs et peuvent être biaisés par une fuite des animaux les plus méfiants (requins) ou la non-détection des plus petits (poissons crypto-benthiques).

> *« Les AMP ne présentent pas une plus grande diversité en poissons que des sites voisins non protégés. »*

## DE NOUVEAUX INDICATEURS DE BIODIVERSITÉ

Depuis 2018, des membres de Vigilife développent une nouvelle génération d'indicateurs de l'état de santé des masses d'eaux côtières basés sur l'ADNe. Des prélèvements d'eau ont notamment été effectués à l'intérieur de 6 AMP méditerranéennes ainsi qu'à 5 et 10 kilomètres à l'extérieur de ces dernières pour y détecter les espèces de poissons présentes le long d'un gradient de pression humaine. En parallèle, une base de références génétiques des poissons de Méditerranée a été développée pour pouvoir assigner les fragments d'ADNe filtrés. Une très grande diversité d'espèces a pu être observée (> 100), avec un résultat majeur et contre-intuitif à la clé : les AMP ne présentent pas une plus grande diversité en poissons que des sites voisins non protégés. En revanche, les espèces ne sont pas les mêmes : les sites protégés présentent plus d'espèces pélagiques et commerciales, alors que leurs homologues non-protégés ont plus d'espèces crypto-benthiques (taille < 10 cm). Cette découverte suggère qu'une mosaïque de niveaux de protection permettrait de maintenir une plus grande biodiversité à l'échelle régionale.


Parc naturel de Cabo de Gata-Níjar

## EXTENSION AUX ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS PROFONDS

Dans le cadre de Vigilife, de nombreuses masses d'eau côtières vont être étudiées afin de suivre dans le temps l'effet des AMP mais aussi de contribuer à en définir de nouvelles. L'ADNe permettra également d'étendre les habitats échantillonnés aux zones plus profondes où les méthodes classiques sont limitées. En effet, ces habitats mésophotiques et rariphotiques (de 30 à 300 m) sont habituellement ignorés dans les suivis mais offrent potentiellement un refuge à différentes espèces : la pression de pêche y est moindre et les effets du changement climatique atténués.


**POUR EN SAVOIR PLUS**
**/ FOR MORE INFORMATION**

*Boulanger et al. (in press). Environmental DNA reveals and unpacks a biodiversity conservation paradox in marine reserves. Proceedings B.*





## ECOSYSTEMS THAT ARE RICH BUT UNDER THREAT

*The deterioration of coastal zones is one of the most serious biodiversity crises we are facing. Throughout history most human societies have settled along coastlines, and 44% of the global population currently lives within 150 km of the coast. Marine biodiversity is at its greatest near the coast. For example, coral reefs take up less than 0.1% of the sea floor but are home to about one million multicellular species, including 6,000 fish species. However, these coastal marine ecosystems are under threat from the destruction of habitats, pollutants being tipped into the sea, over-fishing, climate change and the introduction of exotic species. According to the International Union for Conservation of Nature (IUCN), more than half the species of rays and sharks in the Mediterranean are already facing extinction.*



## ASSESSMENT AND PROTECTION MEASURES

*Marine Protected Areas (MPAs) are delimited spaces in which human activity is controlled to ensure the conservation of biodiversity and associated services. They cover nearly 8% of the ocean, although the «Strategic Plan for Biodiversity», ratified in Aichi in 2010, set a goal of 10% cover for each country by 2020. In addition, in many MPAs restrictions are very limited. To deal with the rapid expansion of human activity and the loss of marine biodiversity, a world nature agreement put forward by a broad coalition of environmental organisations now calls to protect 30% of the ocean by 2030.*

*Nevertheless, reliable species inventories are needed to assess the benefits of existing MPAs, create new ones and measure human impacts on biodiversity. Numerous methods have been used to monitor coastal marine species in recent years. However, most of them are destructive (fishing or using chemical products), limited in depth (< 30 m) and in the area sampled (diving), or require heavy equipment and many hours of analysis (underwater videos). What's more, all these protocols are invasive and results may be biased by more elusive animals, such as sharks, fleeing the survey area, or by smaller ones (cryptobenthic fish for example) not being detected at all.*

## NEW BIODIVERSITY INDICATORS

*Since 2018, members of Vigilife have been working on a new generation of indicators to measure health status of coastal bodies of water based on eDNA. Water samples were taken within 6 Mediterranean MPAs, as well as 5 and 10 kilometres from their borders, to detect fish species present along a gradient of human impact. Meanwhile, a genetic reference database for Mediterranean fish has been developed so that the filtered fragments of eDNA can be assigned. Very high species diversity (> 100) was recorded with this method, along with a major and counter-intuitive result: MPAs do not contain a greater diversity of fish than unprotected, neighbouring sites. However, there is a difference in species: protected areas contain more pelagic and commercial species, while the unprotected ones contain more cryptobenthic species (length < 10 cm). This discovery suggests that greater diversity on a regional scale could be achieved where patchworks of protection levels are set.*

## EXPANDING TO DEEP COASTAL ECOSYSTEMS

*As part of Vigilife, numerous coastal bodies of water will be studied in order to monitor the effects of MPAs over time and to help define new ones. eDNA will make it possible to sample a greater number of habitats in deeper zones where traditional methods are of limited use. Indeed, these mesophotic and rariphotic habitats (from 30 to 300 m) are usually ignored in monitoring, but potentially offer refuge to various species due to the reduced impact of fishing and the mitigation of climate change effects.*

RENCONTRE AVEC

# PIERRE BOISSERY

## // AN INTERVIEW WITH PIERRE BOISSERY //



**Chargé de l'expertise pour la mer et le littoral méditerranéen au sein de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse**

***Mediterranean Sea and Coast Expert at the Rhone Mediterranean Corsica Water Agency***

### POUVEZ-VOUS NOUS RAPPELER VOS MISSIONS ?

L'Agence de l'eau RMC œuvre à la bonne gestion de la ressource en eau et des milieux aquatiques. Sa politique est fondée sur un besoin de connaissance et de compréhension du bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques au motif que *« bien connaître et bien comprendre, c'est bien décider »*.

### POURQUOI AVOIR VOULU TESTER L'ADNe ?

Toutes les techniques d'inventaire existantes donnent des réponses, mais aucune n'est autosuffisante. De fait, tester la pertinence d'un outil comme l'ADNe est apparu comme une évidence. D'autant qu'au-delà des poissons, l'ADNe peut renseigner sur d'autres familles animales telles que les crustacés ou les céphalopodes.

### LES RÉSULTATS DES ÉTUDES MENÉES SONT-ILS CONCLUANTS ?

Les travaux que nous avons mis en place en 2018, en partenariat avec l'Université de Montpellier et SPYGEN, ont démontré leur intérêt dans le processus de caractérisation des populations piscicoles côtières. Certes, cet outil n'apporte pas toutes les réponses aux questions posées, notamment sur l'abondance des poissons, mais la facilité de mise en œuvre, les faibles coûts induits et l'étendue des espèces détectées permettent d'optimiser les dispositifs de surveillance actuels.

### COMMENT ALLEZ-VOUS EMPLOYER CETTE MÉTHODE DANS LES PROCHAINES ANNÉES ?

Nous envisageons d'intégrer l'ADNe dans la surveillance des eaux côtières dès 2021 et de motiver nos partenaires méditerranéens à nous accompagner dans cette démarche. L'acquisition de données récurrentes à large échelle, notamment dans le cadre de Vigilife, nous permettra d'améliorer continuellement l'outil et l'interprétation des résultats obtenus, à l'image des autres dispositifs de surveillance.

### CAN YOU REMIND US OF THE PURPOSE OF YOUR WORK?

*The RMC Water Agency works to ensure the sound management of water resources and aquatic environments. Its policy is based on a need for knowledge and understanding of the proper functioning of aquatic ecosystems on the premise that "better knowledge and better understanding leads to better decisions".*

### WHY DID YOU WANT TO TEST eDNA?

*All existing inventory techniques provide answers, but none of them are sufficient on their own. Testing the relevance of a tool such as eDNA therefore seemed the obvious thing to do. Especially because as well as identifying fish, eDNA can provide information on other animal families such as crustaceans and cephalopods.*

### ARE THE RESULTS FROM THE STUDIES YOU HAVE CARRIED OUT CONCLUSIVE?

*The work we began in 2018, in partnership with the University of Montpellier and SPYGEN, has proved of use in the process of mapping coastal fish diversity. Admittedly, this tool does not provide all the answers to our questions, particularly as to the abundance of fish, but the ease of use, the low costs involved and the breadth of species detected mean it can be used to optimise current monitoring measures.*

### HOW WILL YOU MAKE USE OF THIS METHOD IN THE COMING YEARS?

*We plan to include eDNA in coastal water monitoring from 2021 and to encourage our Mediterranean partners to join us in this endeavour. Obtaining regular data on a large scale, particularly as part of Vigilife, will enable us to continually improve the tool and our interpretation of results obtained, as is the case with other monitoring methods.*





# ADNe : QUEL INTÉRÊT POUR LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE ?

## // eDNA: WHAT IT CAN OFFER FOR NATURE-BASED SOLUTIONS? //

Jessica ORBAN (PFE) & Justine DELANGUE (UICN)

Les Solutions fondées sur la Nature (SfN) sont définies par l'UICN comme "les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés, pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité".

Elles se déclinent en trois types d'actions, qui peuvent être combinées dans les territoires : la préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique, l'amélioration de la gestion d'écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines et la restauration d'écosystèmes dégradés voire la création d'écosystèmes.

### UNE RÉPONSE AUX DÉFIS DES TERRITOIRES

Les SfN peuvent être mises en place dans tous types d'écosystèmes (littoraux, montagnes, forêts, plaines, agro-écosystèmes, bassins versants, urbains...). Elles permettent de répondre à divers défis sociétaux et sont ainsi fondamentales pour l'atteinte des Objectifs de Développement Durables (ODD), en particulier l'ODD 1 (pauvreté), l'ODD 2 (faim « zéro »), l'ODD 3 (bonne santé et bien-être), l'ODD 6 (eau), l'ODD 11 (villes et communautés durables) et l'ODD 13 (changements climatiques). Ces solutions apportent, au-delà de la réponse à un défi sociétal, des bénéfices pour la biodiversité : restauration des fonctionnalités écologiques, retours d'espèces ordinaires ou patrimoniales... Ces gains sont un objectif incontournable des SfN.



**Les mangroves, une SfN pour lutter contre le dérèglement climatique et un habitat pour de nombreuses espèces**
*Mangroves, a NbS to fight against climate change and a habitat for many species*

© UICN

## UN SUIVI INDISPENSABLE DES BÉNÉFICES POUR LA BIODIVERSITÉ

Mesurer les bénéfices pour la biodiversité est crucial pour s'assurer de la pertinence des projets et convaincre les décideurs et les gestionnaires de l'intérêt de la mise en place d'une SfN. Pour cela, il convient de définir, dès la conception du projet, les indicateurs et les différentes modalités de suivi à mettre en place, avec leur fréquence et les moyens associés. L'ADNe est une des méthodes permettant d'étudier les bénéfices des SfN pour la biodiversité, en particulier pour le suivi des espèces. Grâce à de simples prélèvements d'eau ou de sol, il est possible d'inventorier l'ensemble des espèces présentes sur le site étudié ou ayant laissé des traces de leur passage. Cette approche, qui sera complémentaire des techniques d'inventaire traditionnelles, permettra de travailler à des échelles spatiales et temporelles importantes et ainsi de suivre efficacement le retour d'espèces animales ou végétales, voire l'apparition de nouvelles espèces.

*Nature-based Solutions (NbS) are defined by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) as: "Actions to protect, sustainably manage and restore natural or modified ecosystems that address societal challenges effectively and adaptively, simultaneously providing human well-being and biodiversity benefits."*
*They cover three types of actions which can be combined in the field: preserving functioning ecosystems that are in a good ecological state, improving the management of ecosystems for long-term use by human activities, and restoring degraded ecosystems or even creating new ones.*

## MEETING CHALLENGES EVERYWHERE

*NbS can be set up for all kinds of ecosystems: coastal, mountain, forest, plain, agricultural, drainage basin, urban, etc. They provide answers to various societal challenges and are thus fundamental in achieving Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 1 (no poverty), SDG 2 (zero hunger), SDG 3 (good health and well-being), SDG 6 (clean water and sanitation), SDG 11 (sustainable cities and communities), and SDG 13 (climate action). Above and beyond addressing the challenges facing society, these solutions benefit biodiversity: the restoration of ecological functionality, the return of emblematic or common species, etc. These gains are a core objective of NbS.*

## MONITORING BIODIVERSITY BENEFITS IS ESSENTIAL

*Measuring the benefits for biodiversity is crucial in ensuring that projects are pertinent and in convincing decision-makers and managers of the advantages of rolling out NbS. To do so, right at the project design phase, the markers and various monitoring methods to be implemented need to be defined, along with their frequency and costs. eDNA is one of the methods that enable us to study how NbS benefit biodiversity, in particular through species monitoring. With simple water or soil samples, it is now possible to catalogue all the species present on a study site, as well as those that have passed through. This approach, which will be complementary to traditional inventory techniques, will enable work on a much larger scale in terms of space and time, and thus more effective monitoring of the return of animal or plant species, or the appearance of new ones.*



# L'innovation au service de la connaissance et de la protection du vivant

*// Innovation to enhance knowledge and the protection of life //*






> *« Le pessimiste se plaint du vent ;*
> *l'optimiste s'attend à ce qu'il change de direction ;*
> *le réaliste ajuste ses voiles. »*
>
> *"The pessimist complains about the wind;*
> *the optimist expects it to change;*
> *the realist adjusts the sails."*
>
> **William Arthur Ward**




**Vous souhaitez nous rejoindre dans cette aventure, en parrainant le suivi d'un site, en soutenant un programme ou une expédition scientifique ? Contactez-nous !**

*Would you like to join us in this adventure, by sponsoring the monitoring of a site or by supporting a programme or a scientific expedition? Please contact us!*

contact@vigilife.org




2021



vigilife

vigilife.org